

Papieroelektrophoretische Untersuchungen
am Kammerwasser des Rindes mit
Hilfe der Gefriertrocknung

Hermann Memmel

Aus dem Institut für Tierpathologie der Universität München
Vorstand: Professor Dr. H. Sedlmeier

Papierelektrophoretische Untersuchungen am Kammerwasser

des Rindes mit Hilfe der Gefriertrocknung



Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der veterinärmedizinischen Doktorwürde der
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

vorgelegt von
Hermann Memmel
aus Pirmasens

München 1957

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Professor Dr. H. L i e b m a n n

Referent: Professor Dr. H. S e d l m e i e r

Tag der Promotion: 24. Juli 1957

Meinen Eltern und meinem Bruder!



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. Einleitung	1
2. Das Kammerwasser	3
a. Physikalische Daten	3
b. Chemie des Kammerwassers (ausser den Eiweiß- körpern)	4
c. Eiweiß im Kammerwasser	9
d. Über die Genese des Kammerwassers	19
3. Methodik der eigenen Untersuchungen	25
4. Eigene Untersuchungen	28
5. Besprechung der Ergebnisse	34
6. Zusammenfassung	38
7. Literaturverzeichnis	39
Lebenslauf	46

Einleitung

Seit einigen Jahren wurde die Elektrophorese, besonders die Papierelektrophorese, an wissenschaftlichen Instituten und Kliniken je nach der Beschaffenheit der zu untersuchenden Stoffe zu einer brauchbaren Untersuchungsmethode ausgearbeitet. Die häufigste Anwendung fand die Papierelektrophorese bis jetzt in der Untersuchung von Blutplasma und Blutserum sowohl normalen wie auch pathologischen Charakters. Dabei konnte man ziemlich genau die Eiweißwerte dieser Körperflüssigkeiten und ihre Verschiebungen in krankhaften Fällen festlegen, wodurch die Papierelektrophorese zu einem wertvollen Hilfsmittel in der Krankheitsdiagnostik heranwuchs.

Da man die Papierelektrophorese auch zur Untersuchung anderer Körperflüssigkeiten (z.B. Liquor cerebros spinalis und Lymphe) mit Erfolg heranzog, lag es nahe, die Eiweißkörper des Augenkammerwassers ebenfalls einer solchen Untersuchung zu unterwerfen, um damit deren normale Werte kennenzulernen. Aus Untersuchungen an pathologischen Augen könnte man dann, ausgehend von diesen Erkenntnissen, auch Rückschlüsse auf Wesen und Ätiologie verschiedener Augenerkrankungen ziehen. Darüber hinaus ist zu überlegen, ob es möglich wäre, charakteristische Verschiebungen des normalen Eiweißbildes im Kammerwasser, die in Abhängigkeit von der Blut-Kammerwasser-Schranke stehen dürften, zur Stützung der Diagnose innerer Krankheiten (z.B. der Tuberkulose) heranzuziehen oder aus bestimmten Änderungen des Eiweißgehaltes im Kammerwasser eines verendeten Tieres den Zeitpunkt des Todes festzulegen, was bereits T o t h (54) im Jahre 1934 anregte.

Ausgehend von solchen Überlegungen wurde mir von Herrn Professor Dr. H. S e d l m e i e r die Aufgabe gestellt, das Kammerwasser von Einzelaugen des Rindes papierelektrophoretisch auf die normale Zusammensetzung der Eiweißkörper hin zu untersuchen, einmal, um feste Werte zu ermitteln, zum anderen, um krankhafte Änderungen ihrem Charakter nach darzustellen und mit der entsprechenden Grundkrankheit zu vergleichen.

Da auf veterinärmedizinischem Gebiet nur zwei wissenschaftliche Untersuchungen über das normale Kammerwasser der Tiere ermittelt werden konnten, mußte zum Studium der Chemie des Kammerwassers hauptsächlich humanmedizinische Literatur herangezogen werden. Diese befaßt sich zwar auch mit Untersuchungen an Tieraugen (allerdings wenig mit dem Rinderauge), jedoch vermitteln die Ergebnisse kein einheitliches Bild. Dennoch soll versucht werden, die wesentlichsten Daten aus diesen Arbeiten geordnet wiederzuge-

ben, um den eigenen Untersuchungen eine geschlossene Übersicht über die bisherige Kammerwasserforschung voranzustellen.

Das Kammerwasser

a) Physikalische Daten

Das Kammerwasser (Humor aqueus) ist eine klare, farblose Flüssigkeit und bildet den Inhalt der beiden Augenkammern. T r a u t m a n n und S c h e u n e r t (55) zählen es zu den serösen Höhlenflüssigkeiten und L ö h l e i n (31) meint, es sei am ehesten mit der Cerebrospinalflüssigkeit zu vergleichen. W u n d e r l y und C a g i a n u t (70) ziehen diesen Vergleich speziell für den Gehalt des Kammerwassers (in folgendem abgekürzt mit KW) an freien Aminosäuren.

Die Menge des KW beträgt nach W e i s s (61) beim Menschen 0,15 - 0,45 ccm, nach R a u b e r - K o p s c h (44) 0,2 - 0,3 ccm. Weiter gibt W e i s s folgende Werte in ccm für Tiere an: Kaninchen 0,3; Hund 0,43 - 0,85; Schwein 0,33 - 0,45; Pferd 2,4; Rind 1,61 - 3,1. In eigenen Messungen, durch KW-Entnahme mit einer Injektionsspritze bis die Iris der Cornea vollkommen auflag, wurde für das Rind ein Mittelwert von 1,9 ccm festgestellt.

Das KW besitzt nach S c h o b e r (52) beim Menschen eine Lichtdurchlässigkeit von 95 %, eine Adsorption von 5 % und eine Reflexion unter 1 %. Dies ist auf den geringen Gehalt des KW an Salzen und Proteinen zurückzuführen, der auch den Brechungsindex und das spezifische Gewicht des KW bestimmt. Auf den Brechungsindex wird später näher eingegangen, da er in engerem Zusammenhang mit einer früheren Methode der Eiweißbestimmung im KW steht. Einzelne Lymphozyten, die man in der Vorderkammer fand (G i l b e r t - 19), sollen die Durchsichtigkeit des KW nicht beeinträchtigen.

Für das spezifische Gewicht des KW gibt O p p e n h e i m e r (38) folgende Werte an: Hund 1,0086; Kaninchen 1,0067; Schwein 1,005 - 1,008; Pferd 1,00748; Rind 1,0077. Nach dem Tode nimmt das spezifische Gewicht zu, da feste Stoffe in das KW gelangen. Für den Menschen führt W e i s s (61) ein normales spezifisches Gewicht von 1,0036 mit 0,82 % festen Bestandteilen an, das 48 Stunden nach dem Tode auf 1,006 mit 1,63 % festen Stoffen ansteigen soll.

Die Angaben über den pH des KW zeigen größere Abweichungen von einem Mittelwert. Der pH wurde mit der Gaskettenmethode und durch Indikatoren bestimmt. Während M e e s m a n n (zit. nach K r o n f e l d - 27) beim Menschen mit der letzteren Untersuchungstechnik Werte von 7,7 - 7,8 fand, die bei

Entzündungen und Hypotonie (z.B. im Coma diabeticum) vermindert (Azidose) und bei primärem Glaukom erhöht (Alkalose) sind und denen er ätiologische Bedeutung zumißt, ergaben Untersuchungen von B a u r m a n n (zit. nach K r o n f e l d - 27) mit der Gaskettenmethode eine mehr saure Reaktion. Er fand gegenüber dem Blut-pH von 7,31 einen KW-pH von 7,268 und macht für höhere (alkalische) Werte den CO_2 -Verlust bei der Entnahme, das Stehenlassen an der Luft etc. verantwortlich. Nach seiner Meinung werde der pH durch die Beziehungen zwischen physikalisch absorbiertem CO_2 und chemisch gebundenem NaHCO_3 bestimmt. Diesen Ergebnissen stimmt auch K u b i k (28) zu in der Annahme, daß das KW, da es zwischen arteriellem und venösem System eingeschaltet ist, eine höhere CO_2 -Spannung als das arterielle Blut haben muß. Im Gegensatz zu M e e s m a n n fand er beim Glaukom sogar Azidose.

Für den pH des Kaninchens gibt H a m b u r g e r (zit. nach W e i s s 61) 7,3 - 7,4 an. Ähnliche Werte liefern T r i a und S i m o n e (zit. nach R a u h - 46); 7,01, B a u r m a n n (zit. nach W e i s s 61); 7,48, K i n s e y (25); in der Vorderkammer 7,6 und in der Hinterkammer 7,57, sowie v o n S a l l m a n n (51): 7,44 - 7,49. V o n S a l l m a n n bestätigt auch die von M e e s m a n n gefundene Azidose bei bakteriellen Infektionen des Auges.

Für das Rind geben T r i a und S i m o n e (zit. nach R a u h - 46) als pH 7,1 an. Wesentlich höhere Werte veröffentlicht Ö s t e r r e i c h e r in seiner Dissertation 1927 (39), nämlich beim Rind 8,17 und beim Pferd 8,54. Die Vergleichswerte des Blutes betragen 7,36 bzw. 7,59. Diese mit der Gaskettenmethode gewonnenen Ergebnisse sind, bezogen auf das Verhältnis KW : Blut, mit den Ausführungen B a u r m a n n s wohl nicht vereinbar. Zwischen diesen pH-Werten des KW vom Rind nach T r i a und S i m o n e einerseits und Ö s t e r r e i c h e r andererseits liegt der von N o r d e n s o n (zit. nach W e i s s - 61) wiedergegebene. Er beträgt 7,64. Beim Rinderfetus fand N o r d e n s o n einen KW-pH von 7,72.

b) Chemie des Kammerwassers (ausser den Eiweißkörpern)

An Mineralstoffen ist das KW ärmer als das Blut. Ihre Menge beträgt etwa 1 %, an der vor allem NaCl mit rund 0,78 % beteiligt ist (W e i s s - 61). A s c h e r (zit. nach L e b e r m a n n - 29) gibt für Mensch

und Tier einen Gehalt von 0,68 - 0,75 % NaCl an, W e s s e l y (zit. nach L e b e r m a n n - 29) ebenso, R a d o s (43) nur 0,586 %. Gewichtsanalytische Untersuchungen von K l e t z i n s k y, der beim Menschen 0,3 - 0,85 % NaCl fand, bezeichnet L e b e r m a n n (29) als ungenau, was aber höchstens für die niederen Werte unter 0,6 % zutreffen dürfte.

A s c h e r (zit. nach T r o n - 59) macht auf die Beziehung zwischen NaCl und Eiweiß aufmerksam: Eiweißanstieg bedeutet NaCl-Abnahme und umgekehrt. R a d o s (43), der auch an den Untersuchungen W e s s e l y s über das Eiweiß im KW Kritik übt, gibt zwar als NaCl-Durchschnittsgehalt (nach der Methode Volhard-Arnold) von Punktat und Regenerat beim Menschen, wobei das Regenerat doch als Ergebnis einer Alteration immer Eiweißvermehrung zeigt und nach A s c h e r folglich NaCl-Verminderung aufweisen müßte, obigen Wert von 0,586 % an, der etwa mit dem von A s c h e r mitgeteilten Wert übereinstimmt, bestreitet aber die von A s c h e r beschriebenen Beziehungen. Er vermutet sogar eine Salzvermehrung. G a l l a (16) hingegen pflichtet A s c h e r bei und fand bei einem einjährigen Hund im Punktat (= 1.KW) 0,78 % NaCl und im Regenerat (= 2.KW) 0,73 %. R a d o s' Methode hält er für unzulänglich.

Auch T r o n (59) festigt 1929 die A s c h e r 'sche Theorie und stellt beim erwachsenen Kaninchen nach der Methode Bang mit einem ursprünglichen Cl-Gehalt von 1,08 % im 2.KW eine Abnahme des Anfangswertes um 10,4 % und beim jungen Kaninchen mit 0,43 % Cl im 1.KW eine Senkung um nur 5,5 % fest. (Der Unterschied zwischen erwachsenem und jungem Kaninchen wird durch die auf Seite 9 dargestellten Ausführungen W e s s e l y s geklärt). In Übereinstimmung mit D u k e - E l d e r (8) sowie L e b e r m a n n und K u b i k folgert er, da im 2.KW auch mehr Kalium und Kalzium als im 1.KW auftritt, daß im normalen KW mehr Anionen (Cl) als Kationen vorhanden sind. Dies entspreche dem Donnan-Gleichgewicht, welches für das KW einen Überschuß an Anionen ergibt, da auf der KW-Seite der Blut-KW-Schranke kein kolloidales Ion, das diese Schranke passieren kann, vorhanden ist und infolgedessen ein Überschuß derjenigen Ionen entsteht, die gleichsinnig mit den negativen Kolloid (= Eiweiß-)ionen des Blutes geladen sind. Im 2.KW fällt das Donnan-Gleichgewicht aus. Hier ändert sich durch Dilation der Kapillaren (Hyperämie) die Permeabilität und es entsteht im Vergleich zum 1.KW eine Abnahme der Anionen und ein Anstieg der Kationen. P a y c h a (41), der für den Menschen 0,76 - 1,03 % Cl angibt, weist ebenso auf eine Cl-Verminderung bei Alterationen hin.

Nach D e r r i e n und J a y l e (zit. nach S ü l l m a n n - 53) besteht neben der Beziehung zwischen NaCl und Eiweiß auch eine solche zwischen NaCl und Glukose : Hohe NaCl-Werte entsprechen niederen Glukose-Werten und umgekehrt. Sie führen das nicht auf das Donnan-Gleichgewicht zurück, sondern auf das Membrangleichgewichtsgesetz von D e r r i e n, demzufolge die kapillare Blut-KW-Schranke eine aktive Rolle spielt.

Das Natrium fällte L e b e r m a n n (29) als saures Natriumpyroantimonat ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$) und bestimmte die Trübung mit einer NaCl-Vergleichsskala. Dabei fand er für das Kaninchen 2,75 mg Na und einen Anstieg dieser Kationen (s.o.) auf 3,12 mg im 1. und 2. Regenerat. Beim Rind fand L e b e r m a n n (29) 2,94 mg Na. Dieser Wert soll nach den Angaben von T r o n (57) gleich dem des Blutes sein. D u k e - E l d e r (9), der sich seit langem eingehend mit der Biochemie des KW beschäftigt, gibt für das Pferd den Na-Gehalt mit 0,2787 % (gegenüber 0,3351 % im Blutserum) und den Cl-Gehalt mit 0,4371 % (gegenüber 0,3664 %) an und macht darauf aufmerksam, daß Natrium wie auch Chlor im KW in einer höheren Konzentration als im Blute vorhanden sind. (T r o n (57) gibt für Chlor 20,2 % mehr als im Blute an). Ausserdem penetrieren Natrium und Chlor langsamer als bei einfacher Diffusion. Sie sollen unter Energieaufwand durch die Zellen selbst wandern.

Kalium bestimmte L e b e r m a n n (29) durch Fällung als Kaliumkobaltinitrit, dessen Lösung in HCl er kolorimetrisch maß. Er fand beim Rind 0,187 mg. D u k e - E l d e r (9) gibt für das Pferd 0,0189 % (im Blutserum 0,0201 %) an. Ergänzend dazu findet T r o n (56) die Kalium-Menge von KW und Glaskörper bei Pferden und Ochsen jeweils gleich. R a u h (47) weist darauf hin, daß der Kalium-Gehalt in normalen und Glaukom-Augen gleich ist.

Kalzium wurde ebenfalls von L e b e r m a n n gemessen (29). Er gibt für das Rind einen Wert von 0,101 mg an; der Gehalt des Glaskörpers betrage 0,081 mg. Für das Kaninchen fand er folgende Werte : normal 0,08 mg, 1. Regenerat 0,1 mg, 2. Regenerat 0,105 mg. Es ergibt sich also auch hier ein Anstieg der Kationen, worauf schon oben bei Natrium hingewiesen wurde. T r o n (59) legt diesen Anstieg mit 40 % mehr als der Anfangswert fest und stellt ausserdem fest, der Gehalt an Ca sei im KW und Glaskörper (wie beim Kalium) gleich. Auf Grund einer ergänzenden Untersuchung der Ca-Menge in der A. und V. femoralis des Hundes, aus der sich kein Unterschied bezüglich des Ca-Gehaltes ergab, folgert er, daß B a u r m a n n mit seiner

Theorie nicht recht hat, nach der das 1. KW aus den arteriellen und das 2. KW aus den venösen Kapillaren stammen sollte. D u k e - E l d e r (9) fand beim Pferd im KW 0,0026 % Ca (im Blutserum 0,0101 %).

Magnesium kommt nach T r o n (57) im KW und Glaskörper in gleicher Menge vor und beträgt 66,6 % des Mg-Gehaltes des Blutes. D u k e - E l d e r (9) gibt für das Pferd 0,0026 % an (im Blutserum 0,0028 %).

Kupfer wurde von N i t z e s c u (zit. nach R a u h - 48) im KW des Ochsen gefunden.

Den Phosphor-Gehalt (PO_4) gibt D u k e - E l d e r (9) beim Pferd mit 0,0033 % (gegenüber 0,0030 % im Blutserum) an. S t i l o (zit. nach R a u h 46) nimmt die Tatsache, daß der P-Gehalt im Blut höher ist als im KW als einen Beweis für die Dialysat-Theorie der KW-Entstehung. Das stimmt (wenn auch nur in geringem Grade) mit den Angaben D u k e - E l d e r s nicht überein. Noch verworrener aber wird das Thema des P-Gehaltes im KW, wenn K i n s e y (25) behauptet, daß im Blut mehr Phosphor enthalten sei als im KW, so z.B. beim Kaninchen 0,149 % bzw. 0,089 % in der Vorderkammer und 0,052 % in der Hinterkammer, und ausserdem feststellt, daß in die Vorderkammer durch deren Schranke, als welche nach seiner Meinung die Irisgefäße gelten können, mehr Phosphate (und Chloride) eintreten als aus dem Blute austreten. Er erklärt dies mit einem Fusionsaustausch zwischen Hinterkammer und Ciliarkörper. Eine Lösung dieses Widerspruches wurde in der Literatur nicht gefunden. Da der Ciliarkörper ja auch Kapillaren führt, die heute als Hauptabsonderungsorgan des KW gelten, ist nicht einzusehen, warum in die Vorderkammer mehr Phosphate eintreten sollen als aus dem Blute austreten, da ja auch zwischen Vorder- und Hinterkammer eine Kommunikation besteht.

Schwefel stellte D u k e - E l d e r (9) beim Pferd zu 0,0061 % (gegenüber 0,0058 % im Blutserum) fest. Das Rind hat nach W e i s s (61) 0,00374 % Schwefel, davon 64 % Nicht-Eiweiß-Schwefel. C o h e n et al. (5) weisen darauf hin, daß im Glaskörper weniger Schwefel als im KW vorhanden ist. Es besteht also hier keine Übereinstimmung wie sie T r o n (57) für Kalium, Kalzium und Magnesium feststellte.

Den Glukose-Gehalt des KW gibt D u k e - E l d e r (9) beim Pferd mit 0,983 % an (im Blutserum 0,910 %). Dieses Verhältnis stimmt mit dem von A s k (2) am Kaninchen ermittelten, nämlich 1 : 1,2, etwa überein. D u k e - E l d e r sagt aber an anderer Stelle (10), daß der relative

Glukosegehalt niedriger sei als im Blut. Hexosen und Pentosen treten normal in das KW ein und zwar gleich schnell wie das NaCl trotz unterschiedlicher Molekülgröße. Disaccharide treten langsamer ein und Polysaccharide gar nicht. Er bestreitet, daß das KW ein Dialysat ist, obwohl er zugibt, daß die Analysenergebnisse für ein solches sprechen, und obwohl er das Fehlen von 20 % Glukose, die theoretisch bei der KW-Absonderung durch Dialyse in diesem mehr vorhanden sein müßten, mit einem Zuckerverbrauch durch Linse und Retina erklärt. A s k schreibt (2), das 1. und 2. KW sowie das KW bei hungernden Tieren habe gleichen Gehalt an Glukose. Er fand mit der Mikromethode nach Bang beim Kaninchen 1,4 % Glukose (1). Wurde durch Injektion einer 10 %-igen Glukoselösung eine Hyperglykämie erzeugt, so stieg auch der Glukose-Gehalt im KW an und zwar etwa eine Stunde später als im Blut; er sank auch langsamer ab. Daß der Glukose-Gehalt jeweils dem des Blutes entspricht, nehmen J a m e s und S i e f k e r (zit. nach S ü l l m a n n - 53) an. Beide Autoren stellen beim Kaninchen einen Gehalt von 164 mg% (im Glaskörper 104 mg%) fest. Dabei wird der Übertritt vom Blut zum KW durch Eserin gefördert, durch Atropin gehemmt. K i n s e y (25) bringt für das Kaninchen folgende Werte: Vorderkammer 0,00674 %, Hinterkammer 0,071 % (Blut 0,0831 %). Auf die Beziehung zwischen Glukose und NaCl wurde schon hingewiesen. Bei Diabetikern steigt nach H o f m a n n (24) der Glukose-Gehalt von 103 mg% auf 124 mg%.

Milchsäure ist nach S a s a k i (zit. nach R a u h - 45) beim Kaninchen mit 34,84 mg% im KW enthalten, das ist wesentlich mehr als im Blut (15,66 mg%). Dieser Wert nimmt bei Dunkelheit bis zu 32,65 mg% ab und steigt bei Belichtung sowie bei Muskelarbeit auf 40,41 mg% an. Da hierbei zunächst der intraokulare Druck sinkt, dann über den Mittelwert ansteigt und erst zuletzt zur Norm zurückkehrt, glaubt er an eine Druckregulierung durch die Milchsäure. N o n a k a (zit. nach R a u h - 46) fand keinen Einfluß der Belichtung auf den Milchsäuregehalt.

Essigsäure wurde von P e n t i n i (42) photometrisch im KW nachgewiesen und als normaler Bestandteil von KW (sowie von Glaskörper und Linse) bezeichnet.

B a r a t t a (zit. nach R a u h - 49) fand bei Pferd, Rind und Schaf Oxalsäure und zwar bei allen diesen Tieren einen Wert von 7,2 - 9,0 mg in 100 ccm KW, ein Wert, der dem des Blutes ähnlich sein soll.

Askorbinsäure kommt nach F r a n t a (zit. nach S ü l l m a n n - 53) beim Kaninchen mit 21,9 mg% im KW vor. Bei älteren und schwereren Tieren

nimmt der Gehalt zu. K i n s e y (25) gibt für die gleiche Tierart in der Vorderkammer 0,096 % und in der Hinterkammer 0,013 % an. C e l l a (zit. nach S ü l l m a n n - 53) berichtet, verschiedene Tierarten hätten verschiedenen Gehalt, der nicht durch Geschlecht und Jahreszeit, wohl aber durch die Ernährung beeinflusst werde. Perorale und besonders intravenöse Gaben von Ascorbinsäure erhöhen nach U c h i d a (zit. nach S ü l l m a n n - 53) deren Gehalt im KW, der langsam wieder absinkt. Der Übertritt erfolge also schneller in Richtung Blut zum KW als umgekehrt, weshalb B l a h a (4) von einer aktiven Sezernierung der Ascorbinsäure spricht. C e l l a (zit. nach S ü l l m a n n - 53) will übrigens als Hauptquelle der Ascorbinsäureabsonderung in das KW die Linse ansehen.

Harnstoff tritt nur langsam in das KW ein und hat im KW eine Konzentration von 90 % der Blutkonzentration. D u k e - E l d e r (9) gibt für das KW des Pferdes 0,027 % an (für das Blutserum 0,028 %). Der Gehalt des Glaskörpers an Harnstoff sei gleich dem des Blutes.

c) Eiweiß im Kammerwasser

Über das Eiweiß im KW liegen seit Jahren sich widersprechende Angaben vor. Die Frage nach zuverlässigen Eiweißwerten ist auch heute noch nicht endgültig geklärt. Sämtliche Autoren, die überhaupt die Existenz von Eiweiß im normalen KW vertreten, stimmen darin überein, daß es sich nur um sehr geringe Konzentrationen handeln kann. Die Ergebnisse dieser Autoren werden ergänzt durch Untersuchungen am 2. KW und an pathologischen Augen. Wo aber die Grenze zwischen normalem und pathologischem Eiweißgehalt zu ziehen ist, liegt noch nicht fest. E s s e r et. al. (14) schreiben 1954: "Normale Werte fehlen bisher". Dies bezieht sich auf den Menschen und die Versuchstiere, erst recht natürlich auf unsere Haustiere.

Man wird der Diskussion über dieses Thema am ehesten gerecht, wenn man die Forschung über das Eiweiß im KW chronologisch betrachtet, wodurch sich zugleich mit der Verbesserung der Untersuchungsmethoden die besten Vergleiche in der Frage um den Eiweißgehalt des KW ziehen lassen.

Angaben, daß das normale KW Eiweiß enthalte, finden sich schon vor dem 1. Weltkrieg. Aber erst nach diesem begann die Forschung, sich intensiv mit diesem Thema zu beschäftigen. 1920 schreibt H a g e n (22), das

2. KW vom Kaninchen, dessen Eiweißgehalt im 1. KW $0,01 - 0,3\%$ betrage (W e s s e l y - 63), und anderen Säugetieren sei stark eiweißhaltig und fibrinreich. Das 2. KW des Menschen dagegen gleiche dem normalen, auch fänden sich bei ihm im normalen Auge keine Greff'schen Blasen, d.s. Epithelabhebungen am Ciliarkörper, die mit der KW-Absonderung in Zusammenhang stehen sollen und die mit dem 2. KW bei Tieren auftreten. B a u e r (zit. nach W e s s e l y - 63) aber wies nach, daß diese Greff'schen Blasen überhaupt nicht mit dem Eiweißaustritt zusammenfallen. Bei langsamer Entleerung der Vorderkammer, nach der sich eiweißreiches Regenerat bildet, entstehen nämlich keine Blasen, was von G i l b e r t (19) bestritten wird, der diese Blasen übrigens auch bei Punction des Glaskörpers beobachtet. H a g e n aber schließt aus dem Fehlen dieser Blasen, die übrigens nach W e s s e l y (63) bei Vögeln überhaupt fehlen und beim Affen erst nach dreimaliger Punction auftreten, daß die Neufüllung des Auges mit KW auf eine Filtration des Glaskörpers durch die Zonula zurückzuführen sei. Diese Ansicht vertrat schon D e u t s c h m a n n 1879 (zit. nach W e s s e l y - 63). H a g e n führt im übrigen den Eiweißgehalt in seiner Arbeit (22) nur am Rande an und wendet sich sodann dem um diese Zeit sehr strittigen Punkt über die KW-Absonderung zu.

Erst W e s s e l y (63) beschäftigt sich ausführlich mit dem Eiweißgehalt des KW. Er weist nachdrücklich darauf hin, daß man bisher nur das KW vom Kaninchen untersuchte und dessen Verhältnisse auf den Menschen übertrug. Die Erscheinung, daß dessen 2. KW eiweißärmer als das der Säugetiere ist, führt er darauf zurück, daß der Inhalt der Vorderkammer beim Menschen nur 4 % des Gesamtaugenvolumens beträgt, beim Kaninchen dagegen 14 %. Dadurch sei die Druckentlastung nach Punction bei ersterem geringer und das Regenerat auch eiweißärmer. Da übrigens bei jungen Kaninchen das Vorderkammervolumen nur 2,5 % des Gesamtaugenvolumens ausmacht (62), liegt darin auch ein Beweis für den von T r o n mitgeteilten Versuch (s.S.4), der die Beziehung zwischen Eiweiß und Chlor (bzw. NaCl) betrifft. W e s s e l y schreibt weiter (63), daß bei Tagvögeln (Vorderkammervolumen bei Huhn: 3%) die Neufüllung rasch, bei Nachtvögeln (Vorderkammervolumen bei Waldkauz: 17 %) langsam vor sich gehe und läßt bei Vögeln eine etwas größere Beteiligung des Glaskörpers an der Regeneration gelten. H a g e n s Ansicht der vorwiegenden Glaskörperabsonderung bei Säugetieren aber stellt er Beweise für die alte Theorie L e b e r s (zit. nach B a u r m a n n - 3), also für eine wesentliche Absonderung aus dem Ciliarkörper entgegen. Er entnimmt z.B. einem Kaninchenauge nach subkonjunktivaler Injektion von

Suprarenin 3/4 ccm des Glaskörpers, darauf das gesamte KW. Am anderen Auge erfolgen die gleichen Entnahmen, jedoch ohne Suprarenin-Injektion. Am ersten Auge findet man dann keine Irishyperämie und kein Eiweiß im KW, am zweiten Auge das Gegenteil. Er schließt daraus, daß das Regenerat vom Ciliarkörper stammt, da ja vom Glaskörper her kein Druckübergewicht mehr gegeben war.

Bei Säugetieren fand W e s s e l y "eine kontinuierliche Reihe graduel-
ler, aber nicht prinzipieller Unterschiede" (des Eiweißgehaltes und sei-
ner Vermehrung), wobei bei den Versuchen der Grad der Entleerung, der
Bulbusdruck, die Stärke der Hyperämie etc. zu berücksichtigen sind (63).
L ö w e n s t e i n (zit. nach W e s s e l y - 63) meint dazu, es müß-
te dann auch beim Menschen wenigstens eine geringe Eiweißvermehrung anzu-
treffen sein, die er (Löwenstein) allerdings nicht fand.

W e s s e l y untersucht das KW mit Esbach-Reagens, stellt damit eine
Nachweisgrenze von 0,01 % Eiweiß (mit einer Genauigkeit von 0,01 % (zit.
nach F r a n c e s c h e t t i - 15)) fest und folgert bereits 1921:
"Der geringste scheinbar abgelaufene Entzündungszustand kennzeichnet sich
nach meinen bisherigen Erfahrungen dadurch, daß bereits das 1. KW eine
Eiweißvermehrung über die Norm aufweist". Seine Kenntnisse über diese Norm
beziehen sich allerdings nur auf das Kaninchen und den Menschen. Das Ka-
ninchen habe 0,01 - 0,04 % Eiweiß und H a g e n s Werte, denen die Angabe
einer Untersuchungsmethode fehlt, seien ungenau, was man allerdings bei
einem Sprung von 0,01 - 0,3 % (für normales KW !) auch vermuten kann.

Das Pulfrich'sche Refraktometer, mit dem um diese Zeit das KW häufig un-
tersucht wurde, lehnt W e s s e l y ab (62), da Salze seine Werte be-
einflussen (und diese sind gegenüber dem Eiweiß im KW ja sehr stark ver-
treten), da ferner eine gleichbleibende Temperatur von $17,5^{\circ}$ bei so klei-
nen Untersuchungsmengen schwer zu erreichen sei (Verdunstung der Kapillar-
schicht) und da schließlich die Genauigkeit des Refraktometers nur bis
0,1 % Eiweiß reiche.

Auch R a d o s (43) beschäftigt sich mit dem Refraktometer und erzielt
in diesem Punkte Übereinstimmung mit W e s s e l y. Die Genauigkeit so-
wohl des Abbe'schen wie des Pulfrich'schen Refraktometers höre bei 0,4 %
Eiweiß auf, das KW habe aber im Durchschnitt z.B. beim Kaninchen einen
Eiweißwert von nur 0,01 - 0,04 %. Nach Umrechnung der Brechungsindices
auf Eiweißprocente käme dem KW auf Grund seines Brechungsindex überhaupt
kein Eiweiß mehr zu. Aus der Tabelle von R a d o s können für einen Bre-

chungsindex von 1,3348 - 1,3352 des menschlichen KW keine Eiweißprocente mehr herausgelesen werden. Nach einer Tabelle von S e i d e l ergebe dieser Brechungsindex einen Eiweißwert von 0,025 %. Auch nach Punktion der Vorderkammer erhöhe sich der Brechungsindex beim Menschen nicht. Für das Kaninchen fand er einen Brechungsindex von 1,3353 und für das Pferd als oberste Grenze 1,3360. Beim Rind allerdings betrug der Brechungsindex des 2. KW, das 30 Minuten nach der ersten Punktion entnommen wurde, 1,3445 gegenüber 1,3358 im 1. KW.

Obwohl R a d o s das Pulfrich'sche Refraktometer in Bezug auf die Feststellung von Eiweißwerten für unzuverlässig hält, zieht er dennoch aus dem Brechungsindex eine Folgerung über die Genese des KW : "Der Brechungsindex des 2. KW liegt bei Tieren umso höher, je mehr 1. KW man entnimmt und je kürzer der Zeitraum zwischen zwei Punktionen ist". Er schließt daraus, daß die Regeneration nach Entleerung der Vorderkammer in den ersten Stunden am schnellsten vor sich gehe und zwar bei normalen Augen langsamer (90 - 120 Minuten) als bei pathologischen (35 - 70 Minuten).

Bezüglich der Genauigkeit der Refraktometrie nimmt also R a d o s die gleiche ablehnende Stellung wie W e s s e l y ein. Er kritisiert aber die Esbach-Methode, bei der W e s s e l y die Trübungen einer Serumvergleichsskala gegenüberstellt und die besten Ergebnisse zwischen 0,01 und 0,1 % Eiweiß findet. Habe die zu untersuchende Substanz einen Eiweißgehalt über 1 %, so arbeite diese Methode nicht mehr verläßlich. R a d o s (43) zieht aber die Genauigkeitsgrenze dieser Methode schon bei 0,05 % Eiweiß, und da nach seinen Versuchen mit 0,01 - 0,04 %-igen Eiweißlösungen bei einem Temperaturunterschied von 5 - 6° sich Fehler von 10 - 100 (!) % einstellen, lehnt er den Nachweis mit Esbach-Reagens ab, zumal es sich hier auch noch um ein unspezifisches Reagens handle und sich im KW auch immer noch Eiweißabbauprodukte fänden. Als solche weist er mit der Herzfeld-Methode Aminosäuren nach und findet im 1. und 2. KW gleiche Mengen. Bei Fällungsreaktionen mit Esbach-Reagens können Proteine in Lösung bleiben oder Lipide mitgefällt werden. R a d o s führt daher eine spezifische Eiweißfällung mit 90 %-igem Alkohol ein (43). Je nach Eiweißgehalt des Untersuchungsmaterials ergibt sich nur eine Opaleszenz oder ein Niederschlag. Im normalen KW von Mensch und Tier kommt aber nach seinen Versuchen nur äußerst selten eine Opaleszenz zustande, was R a d o s (zugleich im Hinblick auf die Refraktometerwerte) veranlaßt, zu behaupten, "daß das normale Kammerwasser Eiweißstoffe überhaupt nicht enthält oder wenigstens nicht in nachweisbaren Mengen".

G a l a (16) fällt das Eiweiß mit Trichloressigsäure und prüfte die Alkohol-Methode nach. Bei dieser findet er auch im 1. KW in den meisten Fällen Opaleszenz und im 2. KW umso mehr Eiweiß, je mehr KW man absaugt. Damit bestätigt er die Beobachtung von R a d o s (s. S.12). Für den Hund gibt G a l a folgende Werte an: 1. KW 0,03 % - 2. KW 0,05 % ; für das Kaninchen : 0,05 bzw. 0,25 %.

Nach R a d o s' Darstellungen (43) ist das KW eine molekulardisperse Lösung mit Aminosäuren und NaCl als Lösungsvermittler für das Eiweiß. Nur bei Tieren wird es erst im Regenerat kolloidal, während es beim Menschen molekulardispers bleibt. Bei pathologischen Augen ist schon das 1. KW kolloidal. Nach seinem Gehalt an Stoffen ist das KW bei Mensch und Tier gleich gebaut, auch ist der Absonderungsmechanismus bei beiden der gleiche, nur reagiert er auf gleiche Intensität unterschiedlich. Er steht in direktem Abhängigkeitsverhältnis zum entnommenen KW, bzw. zu den jeweils herrschenden Druckdifferenzen. In dieser Annahme der Absonderung des KW (Druckentlastung - Hyperämie im Ciliarkörper - Eiweißaustritt) stimmt er mit W e s s e l y überein. W e s s e l y führt dazu einen Versuch an (62), wonach bei Unterbindung der Carotis beim Kaninchen der intraokulare Druck sinkt und dann nach Punktion eiweißarmes KW in die Vorderkammer abgesondert wird.

W e s s e l y übt nun seinerseits im folgenden Jahre (1923) wieder Kritik an der Alkoholfällungsmethode und erklärt sie als ungenau (62). Daher sei es erklärlich, daß R a d o s beim Menschen, wo der Gehalt 0,015 %, und bei Tieren, wo er 0,025 % betrage, kein Eiweiß gefunden habe. Nach weiteren Versuchen von W e s s e l y (62) ergäben Fällungen mit 20 %-iger Sulfozalizylsäure sowie mit 10 %-iger Tanninlösung bessere Vergleichsmöglichkeiten als mit dem Esbach-Reagens. Da man aber aus allen drei Methoden, von denen jede mehr oder weniger spezifisch sei, für den Menschen 0,01 - 0,015 % und für das Kaninchen 0,02 - 0,04 % Eiweiß fand, sieht er keinen Grund, warum R a d o s den Nachweis mit Esbach-Reagens ablehnt. F r a n c e s c h e t t i und W i e l a n d (15) weisen aber darauf hin, daß dabei Fehler beim Ablesen durch verschiedene Wanddicke und Durchmesser der Röhrchen entstehen können.

G i l b e r t stimmt W e s s e l y s Ergebnissen zu (20). Im 2. KW fand er Nonne's Globulinprobe immer positiv. Er nahm das 2. KW schon 9 - 11 Minuten nach der ersten Punktion, damit keine späteren Beimengungen mit erfaßt würden. H a g e n hatte nämlich, um seine Theorie der Glaskörperab-

sonderung zu stützen, bemängelt, daß er (Gilbert) in früheren Versuchen das Regenerat erst 45 - 50 Minuten nach der ersten Punktion entnahm, wobei zu der Glaskörperabsonderung noch die des Ciliarkörpers käme. L ö w e n s t e i n s Entnahmen nach 25 - 40 Minuten allerdings bezeichnet H a g e n als exakt (!) (zit. nach G i l b e r t - 20).

Mit Hilfe der Nephelometrie errechnete S z a s z (zit. nach R a u h - 45) beim Kaninchen einen Eiweißgehalt von 0,0478 % im 1. KW und von 3,172 % im 2. KW. Nach subkonjunktivalen Gaben von Eserin, Arekolin und Pilocarpin nahm der Eiweißgehalt zu. Ähnlich steigt ja auch nach Eserin-gaben der Glukose-Gehalt im KW. In beiden Fällen (Eiweiß- und Glukose-Anstieg) sinkt der NaCl-Wert. Der Eiweißgehalt im KW stieg auch in Ver-suchen von M u t o (zit. nach R a u h - 45) an, der entweder Umschlä-ge von 50° oder von Eiswasser auf Kaninchenaugen machte.

Durch diese hauptsächlich chemischen Untersuchungen der KW-Proteine lagen somit noch keine gesicherten Ergebnisse vor. Man stellte eigentlich nur fest, daß der Gehalt sehr gering sei. Die einzig exakten Werte lieferten nur W e s s e l y (und zwar die oben angegebenen für Mensch und Kanin-chen) und D u k e - E l d e r. Dieser brachte sogar schon 1927 eine Auf-trennung der KW-Proteine des Pferdes zur Veröffentlichung, die - aller-dings ohne Angabe der Untersuchungsmethoden von M e e s m a n n refe-riert wurde (9). An Gesamtprotein stellt D u k e - E l d e r im KW 0,020 % fest, an Albuminen 0,0078 % und an Globulinen 0,0123 %. Das er-gibt einen Quotienten von Albumin: Globulin = 35:65, der ähnlich dem des Blutes ist. Das gleiche Verhältnis der Proteine im KW und im Blut ist auch bei Rind und Kaninchen gegeben. D u k e - E l d e r führt folgende Er-gebnisse an:

	Rind		Kaninchen	
	KW	Serum	KW	Serum
Gesamteiweiß	0,017	7,33	0,04	3,57
Albumin	0,008	3,80	0,031	4,41
Globulin	0,009	3,53	0,009	1,16
Quotient	50:50	50:50(1:1)	80:20	80:20(1:4)

Da der Brechungsindex nicht zur genauen Wertbestimmung der Proteine heran-gezogen werden konnte, versuchte man verschiedene andere physikalische Methoden. F r a n c e s c h e t t i und W i e l a n d (15) lehnen diese

aber ebenso ab wie die Refraktometrie. Die Viskositätsmessung komme wegen des sich negativ auf die Messung auswirkenden inkonstanten Salzgehaltes nicht in Betracht. Ebenso werde die Oberflächenspannung des KW, die *D i e t e r* mit Blutserumverdünnungen in isotonischer Ringer-Lösung verglich, durch die Temperatur und die Anwesenheit anderer oberflächenaktiver Stoffe ungünstig beeinflusst.

Genaueren Werten, vor allem in der Fraktionierung der Eiweißkörper, kam man erst näher, als die Elektrophorese in die Untersuchungen einbezogen wurde. Sie fand durch die Forschungen von *T i s e l i u s* seit 1937 vermehrte Anwendung. *W i e l a n d* und *F i s c h e r* (64), *C r e m e r* und *T i s e l i u s* (6), *T u r b a* und *E n e n k e l* (60) sowie vor allem *G r a s s m a n n* et. al. (21) schufen ab 1951 die Papierelektrophorese (PE).

1951 berichtet *W i t m e r* (66) erstmals über die Ergebnisse der Elektrophorese beim KW des Menschen und weist auf ihren Wert bei der Diagnose von Augenerkrankungen hin. Sie fällt positiv aus, wenn im KW mehr als 0,04 % Eiweiß vorhanden ist. Bei Uveitis sind alle Fraktionen nachweisbar. Aber schon *G o l d m a n n* schränkt in einer sich anschließenden Diskussion den Wert der Untersuchungen an kranken Augen ein: bei Uveitis betrage der Albumin-Globulin-Quotient 63 : 37. Das Blut habe einen Quotienten von 54,8 : 45,2. Angenommen, bei Uveitis seien die Poren der Ciliargefäße für beide Eiweißkörper gleich gut durchlässig, so müßten im KW nach dem Einstein'schen Gesetz, nach dem sich die Menge diffundierender Substanzen wie ihre Diffusionskoeffizienten (Logarithmen der Molekulargewichte) verhalten, nur 59 % Albumine nachzuweisen sein. Die restlichen 4 % stammen nach *A m s l e r* aus zytologischen Prozessen, seien also Gewebsproteine, deren Beitrag zum Gesamteiweißgehalt durch die Elektrophorese nicht darstellbar sei.

W i t m e r schreibt an anderer Stelle (65), daß man bei der PE nach der Methode *G r a s s m a n n* (21), deren Bedingungen als bekannt vorausgesetzt werden dürfen, das KW nicht ohne Hilfsmittel dieser Untersuchung unterwerfen kann, da bei ihr ein Eiweißgehalt von 0,05 % gerade noch nachweisbar ist. Daraufhin dampft *W i t m e r* das KW ein und erhält für den Menschen folgende Werte (65):

Albumin 50,0, α_1 18,3, α_2 11,5, β 10,6, γ 9,6.

Die Globuline, deren Molekulargewicht das zwei- bis dreifache der Albu-

mine beträgt und die meist auch in der Form größer sind, treten umso leichter durch die Blut-KW-Schranke, je stärker die Hyperämie an Iris und Corpus ciliare und je größer die Schädigung der Gefäßwände ist. D'Ermo (7) meint ergänzend dazu, normales KW liefere erst nach 80 - 100-facher Eindickung brauchbare Werte.

Niedermeier (37) hingegen hält nach der Methode von Esser (PE im Chlorbenzolbad, 13 Stunden, Färben mit Bromthymolblau) eine Menge von 0,06 ccm KW für ausreichend zum Auftragen auf den Filterpapierstreifen und erhält als Werte für den Menschen: 0,013 g/l Albumin und 0,003 g/l Globuline. Das γ -Globulin, Träger der Antikörper, das nach Esser (14) im Leichenaugen eine Steigerung erfährt, bleibe praktisch am Auftragungs-ort.

Den gleichen Albuminwert für den Menschen gibt auch Alaerts (1) an. Dieser Untersucher arbeitet allerdings noch mit Trichloressigsäure und Diaphanometrie. Er faßt seine Ergebnisse wie folgt zusammen: Erhöhung über 0,03 g/l Albumin ist auch ohne äußere Symptome ein Anzeichen einer Augenerkrankung. Eine Hyperalbuminose von 0,05 g/l entstehe bei der Entleerung der Vorderkammer durch Punktion. Bei frischen Bulbusträumen betrage der Albumingehalt 0,07 g/l und bei Corneageschwüren noch mehr. Eine Eiweißvermehrung nach Irritation der Cornea stellte übrigens Angellucci (zit. nach Parde - 40) schon 1906 fest und Wolf (68) fand in Fällen von Corneageschwüren auch hyaline Körperchen von vier- bis fünf-facher Erythrozytengröße im KW. Die einen stammen von Hämoglobin ab (man findet sie daher vor allem bei Blutungen im Auge), färben sich mit Eosin rosa und haben Rosettenform. Die anderen sind Fibrinabkömmlinge, färben sich mit Hämatoxylin-Eosin blau, haben kugelige Gestalt und können verkalken.

Wunderly und Cagianut (71) geben den Gesamtproteingehalt, der sich bei der PE in sechs Fraktionen aufteilen lasse, an gesunden Augen mit 10 - 20 mg% und an pathologischen Augen mit 200 - 6000 mg% an. Diese letzteren Werte wurden annähernd von Selinger (zit. nach Rauh - 48) bei Neuritis gefunden. Die Albuminfraktion sei beim Menschen in pathologischen Augen geringer als die des Serums. Eine Proteinvermehrung erfolge dann vor allem durch die Globuline und bei chronischen Erkrankungen hauptsächlich durch deren γ -Fraktion auf Kosten der α -Fraktion. Die Untersuchung der PE-Streifen geschah nach Färbung mit Bromphenolblau und Elution im Beckmann-Spektrometer.

Durch diese Arbeit W u n d e r l y s sind also bereits im 1. KW eindeutig Proteinfractionen nachgewiesen. M ü n i c h (35) aber fand nach der Methode G r a s s m a n n im 1. KW beim Auftragen von 0,01 ccm KW kein Eiweiß (W u n d e r l y hatte 0,02 - 0,03 ccm aufgetragen). Im 2. KW sind die Albumine, darunter das Seroglykoid, das zu 8 % Kohlehydrate enthält, gegenüber ihrer Serumfraction erhöht, während die β -Globuline sich vermindern. Diese Angabe für den Albuminwert drückt also genau das Gegenteil der Behauptung von W u n d e r l y aus. M ü n i c h führt als Durchschnitt seiner Untersuchungen folgende Werte an:

	Albumin	α	β	γ
Serum	55,8	11,4	18,1	14,6
2. KW	60,6	12,8	11,4	15,1

Er berichtet weiter, daß beim Auftragen von Mengen bis zu 0,2 ccm auch bereits im 1. KW Proteine nachgewiesen werden können.

Durch Ultrazentrifugation konzentrierten E s s e r et al. (14) ein Sammel-punktat von 11 menschlichen Augen und verglichen die Ergebnisse mit gleichen Untersuchungen am Liquor cerebrospinalis. Die gewonnenen Werte sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

	Praealbumin	Albumin	α_1	α_2	β	γ
KW	1,2	56,1	4,7	7,5	24,1	6,4
Liquor	0,6	64,9	4,8	7,1	18,5	4,1

Vor dem Albumin läuft wie beim Liquor eine Fraction, Praealbumin genannt. Das Auftreten dieser Fraction zusammen mit der ungefähren Übereinstimmung der anderen Fraktionswerte im KW und im Liquor soll mit der entwicklungs-geschichtlichen Zugehörigkeit von Teilen des Auges zum Zentralnervensystem zu erklären sein. Blut-KW-Schranke und Blut-Liquor-Schranke haben auch gleiche Durchlässigkeit.

Aus diesen Ergebnissen des humanmedizinischen Schrifttums ist zu erse-hen, daß die PE wohl eine Auftrennung der KW-Proteine möglich machen kann, daß aber endgültige Werte immer noch schwer zu erhalten sind, vor allem, wenn es sich um Untersuchungen an Einzelaugen handelt. S a l l m a n n (zit. nach W i t m e r - 67) konnte z.B. erst in konzentrierten KW von 80 Kaninchenaugen Albumine und Globuline nachweisen. In pathologischen

Augen allerdings kommt man schon mit Auftragungsmengen von 0,01 ccm und ohne Konzentrierung aus.

W u n d e r l y berichtet in seinem Werk "Die Papierelektrophorese" (69), daß im KW von amblyopen Augen offensichtlich die unterste Grenze die analytisch noch trennbaren Proteine erreicht ist. Er verzichtet daher auf eine Trennung in α_1 - und α_2 -Globuline und gibt auch keine Dezimalstellen an. Aus seinen Ergebnissen aus Sammelpunktaten von jeweils zwei oder drei Augen ergaben sich folgende Mittelwerte:

Albumin	62,6	α 9,2	β 10,4	γ 17,4
---------	------	--------------	--------------	---------------

Eine Auftrennung der Proteine von normalen Augen gelingt erst bei Vereinigung mehrerer KW und ihrer entsprechenden Konzentrierung. Durch seine Untersuchungen kommt er zu der schon von D u k e - E l d e r vertretenen Ansicht, daß die Proteine im normalen KW nahezu analog zusammengesetzt sind wie im Serum.

Aus diesen Darlegungen von W u n d e r l y kann zusammen mit den Ergebnissen der anderen Autoren der Schluß gezogen werden, daß man noch nicht in der Lage ist, die Eiweißfraktionen des KW befriedigend darzustellen. Dies trifft gleichermaßen für den Menschen wie für unsere Haustiere zu.

Es sollen noch zwei neuerdings mitgeteilte Untersuchungsmethoden am KW angeführt werden.

R e m k y (50) gibt eine quantitative und qualitative Methode an, die nach seinen Worten "der Papierelektrophorese überlegen ist". Er weist die Proteine quantitativ nach, indem er die Extinktion im Elphor-Gerät durch proteingebundenen Farbstoff mißt. Als solchen verwendet er, nach Auftragung von 15 cmm KW auf eine Glasplatte und Fixierung dieser Menge bei 110°, Amidoschwarz 10 B und entfärbt mit Methyleisessig. Die Summe der jeweils auf der 20 mA umfassenden Skala abgelesenen Teilstriche gilt als relatives Maß der Proteinkonzentration, welche aus einer Eichkurve zu ersehen ist. Diese wurde hergestellt durch Untersuchungen von Blutseren mit der obigen Methode in Verdünnungen von 1:2 bis 1:1024 mit einem Proteingehalt zwischen 6 und 7 %. Seine qualitative Methode beruht auf einer Fällung von Albuminen und Globulinen durch den Mastix-Lumbo-Test nach Emanuel in Verdünnungen von 1:2 bis 1:1024. Ergebnisse standen bis zum Abschluß dieser Arbeit noch aus.

K o c h (26) untersucht das 1. und 2. KW vom Kaninchen am "trockenen Trop-

fen" im Mikroskop, nachdem dies S t a m p e l l i und P o s a r e l -
l i bereits 1951 elektronenmikroskopisch versucht hatten. Er versetzt
das Kaninchen in Äthernarkose und entnimmt fünf Millimeter vom Hornhaut-
zentrum entfernt 0,1 cm KW. Davon bringt er 0,055 cm in einen Ring aus
Azetonkitt auf einen Objektträger, beläßt diesen Objektträger acht Stun-
den im Trockenschrank über CaCl_2 und legt dann ein lanolinumrandetes Deck-
glas darüber. Als Ergebnis zwischen 1. und 2. KW führt er an:

1. KW

Kristallstrukturen vom Rand aus-
gehend oder bis zum Rand reichend.
Keine Austrocknungssprünge.

Pyramidenförmige Kochsalzkristalle
und größere kristalline Gebilde.

2. KW

Keine Kristallstrukturen am
Rand.
Durchgehende Austrocknungs-
sprünge peripher, die auf eine
Eiweißvermehrung hindeuten, so-
wie lamellierende im übrigen
Areal.
Keine größeren Kristalle.

Aminosäuren im KW gibt bereits D u k e - E l d e r (9) mit 0,029 % im
KW beim Pferd an. Durch die Papierchromatographie wurden von B l a h a
et al. (4) 18 verschiedene Aminosäuren gefunden. W u n d e r l y und
C a g i a n u t (70) weisen darauf hin, daß die Aminosäuren - ebenso wie
die KW-Proteine - eine ähnliche Zusammensetzung im KW haben wie im Li-
quor. Die meisten Aminosäuren sind im KW nur unterschwellig nachweisbar,
dabei überwiegen die aliphatischen Aminosäuren, vor allem Alanin. Ferner
finden sich in höherem Maße Glykokoll, Glutamin und Glutaminsäure. Nach
M a l a t e s t a (33) sind ausserdem beim Rind noch häufiger vorhanden
Serin, Valin und Leucin. Phenylalanin findet sich nur in Spuren. Prolin
und Tyrosin sind überhaupt nicht nachzuweisen.

d) Über die Genese des Kammerwassers

Über die Absonderung des KW standen sich lange Zeit zwei gegensätzliche
Auffassungen gegenüber; die eine sah die Iris als Absonderungsorgan an,
die andere den Ciliarkörper. Allgemein vertritt man heute die letztere
Ansicht. Zumindest stellt der Ciliarkörper die Hauptquelle des KW dar und
zwar sein gefalteter Teil mit den gefäßreichen Fortsätzen, die ebenso wie

die Iris durch den Circ. irid. mai. versorgt werden. Beim Rind finden sich nach S m i t h (zit. nach B a u r m a n n - 3) 96 große und etwa 200 kleine Fortsätze, die eine große Oberfläche für die Absonderung darstellen.

L e b e r stellte 1873 als erster die These auf, der Ciliarkörper sei der Produktionsort des KW (zit. nach W e i s s - 61). Er nahm den KW-Kreislauf in folgender Richtung an: Filtration durch den Ciliarkörper, Überfluß in die Vorderkammer, Abfluß in den Kammerwinkel zum Lig. pect. irid. und durch den Schlemm'schen Kanal. Die Filtration werde durch den Blutdruck, der Abfluß durch den intraokularen Druck bedingt. Als Hauptbeweis für diese Lehre L e b e r's sieht man den Fluoreszeinsversuch an, der folgendermaßen verläuft: injiziert man Fluoreszin intravenös und punktiert die Vorderkammer, so ergießt sich in diese eine grüne Flüssigkeit durch die Pupille. L e b e r selbst sah aber beim Einbringen von Blattgold in die Vorderkammer keine Strömung in bestimmter Richtung. Diese Tatsache benutzten dann die Gegner L e b e r's, um darzutun, daß das KW nicht vom Ciliarkörper stamme. Andere Autoren, die mit L e b e r übereinstimmten, zogen in der Diskussion um den Absonderungsmechanismus des Ciliarkörpers diese Beobachtung als Beweis für die Filtrationstheorie heran, da bei einer Sekretion des Corpus ciliare mit einer ständigen Strömung - analog des Druckgefälles - vom Ciliarkörper zum Schlemm'schen Kanal zu rechnen sei.

Nach L ö h l e i n (31) ergibt sich schon rein anatomisch der Ciliarkörper als Hauptquelle des KW. Ausserdem erfolge nach Cyclitis mit Zeichen mangelnder Ernährung eine Phthisis bulbi, während bei Aniridie oder Irisatrophie die KW-Produktion nicht ende. Dazu meint H a m b u r g e r (zit. nach B a u r m a n n - 3), ein Vertreter der Irisabsonderung, dies sei nur ein Beweis, daß der Ciliarkörper die Absonderungsfunktion übernehmen könne. Wenn man den Ciliarkörper entfernt, bilde sich wohl kein neues KW, jedoch werde bei diesem Eingriff die Iriszirkulation immer gestört.

Die heutige Lehrmeinung gibt wohl auch eine kleine KW-Produktion der Iris zu. Selbst der Glaskörper soll sich daran beteiligen, da L ö w e n - s t e i n (zit. nach R a d o s - 43) am Leichenaugen, also bei Sistieren der Blutzirkulation, die punktierte Vorderkammer sich wieder füllen sah. H a g e n vertrat, wie bereits auf S. 9 und 10 dargelegt, eine vorwiegende Glaskörperabsonderung.

Neben H a m b u r g e r behauptet auch E h r l i c h (zit. nach W e i s s - 61), die KW-Absonderung erfolge durch die Iris, und nimmt zum Beweis die sog. Ehrlich'sche Linie. Diese erscheint nach subkutaner Injektion von Fluoreszein in der Mitte der Vorderkammer hinter der Cornea als vertikale, grüne, diffus begrenzte Linie. Sie ist besonders gut beim Kaninchen zu beobachten. E h r l i c h erklärt ihre Entstehung mit einer Wirbelbildung durch zwei entgegengesetzte, horizontale Ströme von der Iris. Andere Autoren behaupten, das schwerere fluoreszeinhaltige KW falle vom oberen Teil der Iris herab. T ü r k (zit. nach W e i s s - 61) konnte im Gegensatz hierzu nachweisen, daß diese Linie nichts mit der KW-Absonderung zu tun hat und bei jeder Stellung des Bulbus vertikal verläuft. Er sieht die Ursache der Ehrlich'schen Linie in einem Temperaturunterschied, der nach S i l e x (zit. nach W e i s s - 61) zwischen Cornea und Iris 10°C beträgt. E r g g e l e t und B e r g (zit. nach W e i s s - 61) stützten diese Behauptung durch den Nachweis von Partikelchen mit der Gullstrand'schen Spaltlampe, die hinten in der Vorderkammer $1/3 - 1/4$ mm pro Minute aufsteigen und vorne abfallen.

Daß die KW-Produktion nicht vom Ciliarkörper ausgehe, wollte man auch in folgendem Versuch H a m b e r g e r s sehen (zit. nach W e i s s - 61): man spritzt Fluoreszein in die Hinterkammer eines Kaninchens, worauf das Fluoreszein erst nach 30 Minuten in die Vorderkammer eintritt, obwohl das KW sich nach L e b e r beim Kaninchen nach Punktion in 45 Minuten vollständig erneuern soll. Das Fluoreszein müßte also wesentlich früher erscheinen, folglich sei auch eine kontinuierliche KW-Absonderung durch den Ciliarkörper mit diesem Versuch nicht vereinbar. W e i s s (61) widerspricht übrigens dem L e b e r'schen Ergebnis bezüglich der Neufüllung, da dies an toten Augen gewonnen sei. L e b e r injizierte Flüssigkeit unter Augendruck in die Vorderkammer und bestimmte die Menge, die in einer Minute abfließt, da er den Abflußmechanismus auch nach dem Tode für funktionstüchtig hält. Dazu meint nun W e i s s, im Leben sei der Druck im Schlemm'schen Kanal positiv, da er einen Teil der Treibkraft des Herzens darstelle und der Kraft der Injektionsflüssigkeit entgegenwirke, und nicht gleich null wie am toten Auge. W e s s e l y (zit. nach W e i s s - 61) fand übrigens am lebenden Kaninchenauge die Neufüllung erst nach zwei Stunden abgeschlossen. Er wartet dabei, bis ein bestimmter, fremder Stoff vollkommen aus der Vorderkammer verschwindet.

Als weiterer Beweis, daß die Iris das KW absondere, sollte die Beobachtung von S c h i e k (zit. nach W e i s s - 61) gelten, nach der man nach

Punktion der Vorderkammer auch an der Iris Blasen der Endothelschicht findet. Diese Blasen wurden später als ein Ödem angesprochen und ebenso wie die Greff'schen Blasen des Ciliarkörpers nicht mehr mit der KW-Absonderung in Zusammenhang gebracht.

Weitere Beweise für die Bedeutung des Ciliarkörpers als KW-Quelle sah man darin, daß einmal der Druck eines in die Hinterkammer eingeführten Manometers steigt, wenn er auf den intraokularen Druck eingestellt ist, zum anderen, daß bei Verwachsung der Iris mit der Linsenkapsel die Iris sich häufig nach aussen wölbt. W e i s s (61), als Verfechter der Irisabsonderung, erklärt diese Erscheinungen mit Exaudationen der Iris durch die Alteration, um den Ciliarkörper als Quelle des KW auszuschließen.

Hatte sich nun aber die Behauptung, das KW stamme vom Ciliarkörper, doch als richtig erwiesen, so bestanden fernerhin erneut zwei Meinungen über die Art der Absonderung. Die frühere Ansicht, es sei ein Sekretionsvorgang, nachdem z.B. M a w o s in den Zellen des Corpus ciliare Granulierung fand und S e i d e l Mitochondrien, ist inzwischen aufgegeben worden. M a g i t o t, H e n d e r s o n u.a. (zit. nach W e i s s - 61) fanden keine Sekretgranula und H a m b u r g e r entgegnet S e i d e l (zit. nach W e i s s - 61), daß Mitochondrien auch in Spermien, glatten Muskelzellen und Stäbchenaussengliedern nachzuweisen seien, die man auch nicht als Sekretionsorgane ansehen könne. Galvanische Ströme, die S e i d e l vom Ciliarkörper ableitete, seien ebenfalls für eine Sekretion nicht charakteristisch. Zur echten Sekretion gehört, daß sie vom Blutdruck unabhängig ist, und daß Substanzen ausgeschieden werden, die dem Blute fremd sind, zumindest in ihm in geringerer Menge vorkommen.

Nun erscheinen aber im normalen KW die Bestandteile des Blutes zwar in wesentlich geringerer Konzentration, aber in annähernd gleicher Zusammensetzung wie im Blut, wenn man von gewissen Makromolekülen wie Hämolytinen, Bakteriolytinen, Agglutininen etc. absieht.

Das 2. KW allerdings läßt, bedingt durch die Hyperämie im Ciliarkörper nach Punktion und anderen reaktiven Prozessen bei Entzündungen, ferner z.B. auch nach Anwendung von Salyrgan, Theophyllin etc. diese an Eiweiß gebundenen Schutzstoffe des Blutes durch die Blut-KW-Schranke treten. Die Permeabilität dieser Schranke wird übrigens auch, wie Versuche von G i a r d i n i (18) beweisen, durch O_2 -Mangel erhöht. Eine solche Hyperämie mit Erhöhung der Permeabilität der Blut-KW-Schranke kann man dann auch therapeutisch zur Heranführung von Medikamenten an Krankheitsherde ausnutzen, während im

normalen Auge solche Stoffe, wie etwa die Sulfonamide, diese Schranke nicht durchschreiten können.

Nach heutiger Anschauung wirkt der Ciliarkörper als Filter, an dessen Wirkung sowohl die Zellen (durch die z.B. nach D u k e - E l d e r das NaCl wandert) als auch die Interzellularräume beteiligt sind. Das KW ist damit als ein Dialysat anzusehen. Die interzellulären Poren haben nach D u k e - E l d e r (8) eine Größe von $38 \text{ \AA}$ und entsprechen damit etwa der Breite der Albuminmoleküle. K i n s l e y (zit. nach D u k e - E l d e r - 12) gibt verschiedene Porengrößen an und zwar 0,9, 1,8 und $3,8 \text{ m}\mu$.

Aus dieser Filterwirkung des Corpus ciliare lassen sich nach Y u d k i n (72) die verschiedenen Konzentrationen von Eiweiß in Blut und KW erklären sowie die Durchlässigkeit für die verschiedenen nachgewiesenen Substanzen.

Es besteht nach L ö h l e i n (31) auch die für die Filtration notwendige Druckdifferenz, fand man doch beim Menschen in den Uveakapillaren einen Druck von 50 mm Hg und in den Augenkammern Drucke unter 15 - 30 mm Hg. Daß der intraokulare Druck mit dem Blutdruck in Beziehung steht, kann man mit dem Schiötz'schen Tonometer zeigen, dessen Nadel mit dem Puls synchrone Ausschläge erkennen läßt. G r a e f e sah während der Choleraepidemie in Berlin bei Schwerkranken, deren Puls kaum fühlbar war, daß das Auge so weich wurde, daß die Cornea zusammensank. Allgemein findet man aber bei schweren Blutverlusten keine Senkung des intraokularen Druckes, was damit zu erklären ist, daß in diesen Fällen das verlorene Blut teilweise durch Gewebsflüssigkeit ersetzt wird, was bei der Wasserverarmung des Körpers bei der Cholera nicht möglich ist. Hoher allgemeiner Blutdruck bedingt aber keinen hohen intraokularen Druck; denn der intraokulare Druck ist vor allem durch den lokalen Blutdruck bestimmt und dieser ist in den intraokularen Gefäßen weitgehend vom allgemeinen Blutdruck unabhängig. Bei Hypertonikern entsteht der hohe Blutdruck im allgemeinen durch eine Verengung der peripheren Gefäße, zu denen auch die des Auges zählen. Somit steigt der intraokulare Druck nicht an. Und W e s s e l y (zit. nach L ö h l e i n - 31) führt ein Experiment zur Unabhängigkeit des lokalen (bzw. intraokularen) Druckes vom allgemeinen Blutdruck an: er senkt den Blutdruck durch Amylnitrit, das eine Gefäßerweiterung verursacht, wobei hier nun sogar der intraokulare Druck steigt, weil durch die Erweiterung der Gefäße im Auge die Filterfläche vergrößert und die KW-Absonderung vermehrt wird.

Das KW verläßt das Auge im Kammerwinkel, wo es durch das Filterwerk des Lig.pect.irid. durch den intraokularen Druck in den Schlemm'schen Kanal getrieben wird. Von diesem wird es durch die von A s c h e r entdeckten und nach ihm benannten Venen in die episkleralen Gefäße befördert (zit. nach L i n d n e r - 30).

Methodik der eigenen Untersuchungen

Die eigenen Untersuchungen des KW wurden mit Hilfe der Papierelektrophorese und der Gefriertrocknung durchgeführt.

Da das Prinzip der Papierelektrophorese heute hinreichend bekannt ist, kann hier auf dessen Beschreibung verzichtet werden.

Einiges sei aber kurz über die Gefriertrocknung (Lyophilisierung) gesagt. Man versteht unter diesem Verfahren das Gefrieren eines Stoffes und den Entzug des in ihm enthaltenen Wassers, indem man in einem Vakuum das Eis sofort in Dampfform bringt, ohne daß es die Flüssigkeitsphase durchläuft.

Die ersten Berichte über die Sublimation von Eis im Vakuum brachte L e s - l i e 1811. Als Absorptionsmittel für das Wasser diente ihm dabei Schwefelsäure. W o l l a s t o n arbeitete 1813 mit tiefgekühlten Kondensationsflächen. Die erste Anwendung der Gefriertrocknung für biologische Zwecke nahm 1890 A l t m a n n vor. Er trocknete Organstückchen bei -20° über Schwefelsäure. S h a c k e l l trocknete 1909 erstmals Serum im Vakuum (H e r t e r - 23).

Inzwischen hat die Methode bei verschiedenen Stoffen Anwendung gefunden, z.B. bei Antibiotica, Spermien, Implantationsmaterial, Blutplasma und Impfstoffen (Staupe, Pocken, Rotlauf, Brucellose etc.). Auch zur Lebensmittelkonservierung zog man die Gefriertrocknung heran.

Das Verfahren hat einige wesentliche Vorteile. Das getrocknete Material ist sehr lange haltbar und weist eine sehr gute Löslichkeit auf. Eiweißdenaturierung tritt nicht ein und Bakterienwachstum findet in dem getrockneten Material nicht statt (N e u m a n n - 36).

Eiweißlösungen und Seren können langsam eingefroren werden, während sich dies z.B. bei Geweben durch die Eiskristallisation störend bemerkbar macht (Schrumpfung der Zellen). Das Aufschäumen der Flüssigkeiten beim Einfrieren, das nach G r e a v e s (zit. nach N e u m a n n - 36) durch gelöste Gase verursacht wird, kann durch Zentrifugieren beim Einfrieren vermieden werden. Das ist die Methode des sog. shell-freezing (Einfrieren in rotierenden Gefäßen).

Die andere Methode des Einfrierens ist das Einfrieren in einer Kühllösung (CO_2 -Schnee mit Alkohol oder Azeton), das sog. shelf-freezing.

Unterhalb des Tripelpunktes von 4,6 Torr entweichen die H_2O - Moleküle aus

dem Eis und sublimieren. Es herrscht dabei eine Temperatur von weniger als -20° , die eine Veränderung der Substanz verhindert (Neumann - 36). Manche Autoren allerdings (zit. nach Neumann - 36) machen darauf aufmerksam, daß Proteine verändert werden können, besonders die Globulinfractionen. Die lyophilisierten Globulinfractionen sollen auch lange Lösungszeiten (bis zu 30 Minuten) beanspruchen.

Der Wasserdampf wird durch Pumpen, tiefgekühlte Kondensationsflächen oder Absorptionsmittel entfernt. Als letztere verwendet man konzentrierte Schwefelsäure oder Phosphorpentoxyd.

Bei den eigenen Versuchen wurde der Centrifugal-freeze-dryer der Firma Edwards Ltd., London verwendet. Er enthält unter einer Glasglocke einen Einsatz für 12 Glasampullen zu je 10 ccm, der durch einen Elektromotor in Rotierung versetzt wird. Bei Einfüllung von je 1 ccm KW in die Ampullen wird das Material nach Anlegen des Vakuums 10 Minuten zentrifugiert und anschließend im Vakuum getrocknet. Als Trockenmaterial wird Phosphorpentoxyd verwendet. Nach 3 - 4 Stunden sind sämtliche Proben getrocknet. Es ist wichtig, daß man genügend Absorptionsmaterial auf die drei unter dem Ampulleneinsatz liegenden Teller bringt; denn aus dem zu trocknenden Material tritt nur soviel Wasserdampf aus, wie aus seiner Umgebung entfernt werden kann, wobei der Dampfdruck der trocknenden Substanz sehr gering wird (unter 10^{-6} Torr). Dabei aber ist mit zunehmender Trocknung das Absorptionsmaterial weitgehend mit H_2O gesättigt und weist selbst einen verhältnismäßig hohen Dampfdruck auf. Die getrocknete Substanz liegt schließlich als poröse Masse der Ampullenwand an und hat etwa gleiches Volumen wie das KW zu Beginn der Trocknung.

Nach beendeter Lyophilisierung werden die Ampullen über einem Bunsenbrenner zugeschmolzen und bis zu ihrer Verwendung bei $4 - 6^{\circ}C$ gelagert.

Als störend erwies sich bei den Versuchen jene kleine Menge Flüssigkeit, die durch das Zentrifugieren in den Hals der Ampulle gedrückt wurde, dort trocknete und bei der Untersuchung mittels der PE, nachdem man den Hals der Ampulle abgebrochen und das getrocknete Material in entsprechender Konzentration wieder gelöst hat, nicht mit erfaßt werden konnte. Diese Menge betrug etwa $1/25$ des Gesamttrockengutes.

Die für die Versuche verwendeten Rinderaugen wurden sofort nach der Schlachtung der Tiere (am Schlachthof München) entnommen. Es kamen nur Augen gesunder Rinder zur Untersuchung, d.h. von Rindern, die bei der

Fleischbeschau als tauglich befunden wurden. Etwa eine Stunde später erfolgte die Entnahme von 1 ccm KW nach schräger Durchstechung der Cornea mit einer Injektionsnadel. Bei Abzug von nur 1 ccm KW ist mit einer Verunreinigung desselben durch Verletzungen der Iris (Blut, Pigment) nicht zu rechnen, wenn man auf den Grad der Entleerung achtet, je nach dessen Stärke sich die Iris der Cornea nähert. Anschließend erfolgt die Gefrier-trocknung, so daß das Verfahren zur Gewinnung der Proben für die PE etwa 5 - 6 Stunden in Anspruch nimmt.

Die PE erfolgte im Elphor-Gerät nach G r a s s m a n n et al. (21) der Firma Bender & Hobein, München mit Veronalnatriumazetatpuffer vom pH 8,6 bei einer Raumtemperatur von 4 - 6°. Als Papier wurde Schleicher & Schüll Nr. 2043 Mgl (31 cm lang) verwendet. Die verschiedenen Variationen von aufgetragener Menge, sowie von Laufzeit und Spannung werden im Abschnitt der Untersuchungen besprochen. Nach der PE wurden die Streifen waagrecht hängend bei Raumtemperatur getrocknet.

Auf eine Fixierung im Trockenschrank bei 100° wurde in den Hauptversuchen verzichtet, da sich dabei in den Vorversuchen, die von M o n c k e (34) beschriebene Beobachtung nachteilig bemerkbar machte, daß das Amidoschwarz 10 B die bei 100° getrockneten Streifen weniger gut färbt. Dieser Farbstoff ist nach M o n c k e an die Schutzkolloide des Eiweißes gebunden, die durch die Temperatur von 100° zerstört werden.

Gefärbt wurde mit Amidoschwarz 10 B und zwar 10 Minuten. Dann erfolgte Entfärbung in Methanol:Eisessig (9:1) über 1 - 2 Tage, bis die eiweiß-freien Stellen fast weiß waren. Die Auswertung der Streifen wurde nach zweistündigem Einlegen in Transparenzöl im Zeiß-Auswertgerät vorgenommen. Die Ausrechnung der Pherogramme geschah nach Einzeichnung der Gauß'schen Kurven durch Planimetrie.

Eigene Untersuchungen

Insgesamt wurden 164 Augen von Kühen, Bullen und Ochsen untersucht. Es sei vorweggenommen, daß sich keine Unterschiede in der prozentualen Zusammensetzung der Eiweißfraktionen bei Tieren verschiedenen Geschlechts ergaben.

Zu Beginn der Versuche wurde der Gesamteiweißgehalt des KW von Rindern im Photometer Eppendorf bestimmt. Er ergab bei normalen Augen 0,0446 %. Außerdem wurde an pathologischen Augen (Iritis, Linsentrübung, Gerinnsel in der Vorderkammer) ein Eiweißgehalt von 4,96 % festgestellt. Der erste Wert weicht von den Ergebnissen D u k e - E l d e r s (0,017 %) ab, der zweite spricht für die von E s s e r et al. (14) aufgestellte Behauptung, in pathologischen Augen bzw. KW fände man Eiweißwerte bis zum hundertfachen des Normalwertes. Dieser hohe Wert ist natürlich bei schon äußerlich erkennbaren Erkrankungen verständlich.

Da der pH des KW und seine prozentuale Zusammensetzung an Eiweißkörpern nach den Literaturangaben etwa denen des Blutes entsprechen, wurden die ersten Elektrophoresen nach den Angaben G r a s s m a n n s, d.h. pH 8,6 - 110 V - Laufzeit 18 - 20 Stunden, durchgeführt. Das lyophilisierte KW wurde mit der gleichen Pufferlösung gegenüber dem Ausgangsmaterial fünf-fach konzentriert. Vergleichsweise konzentrierte ich auch mehrere Proben mit Aqua dest., stellte aber im Endergebnis keinen Unterschied zwischen beiden Verfahren fest. Die Lösung des getrockneten Pulvers benötigte etwa 4 - 6 Stunden, wobei der längeren Dauer der Vorzug zu geben ist. Aufgetragen wurde zunächst 0,01 ccm. Nach der Färbung sah man wohl eine leichte Anfärbung der Streifen, im Durchschnitt 3,5 cm vom Auftragungsort entfernt, es waren aber keine eindeutigen Fraktionen nachzuweisen, die man hätte auswerten können.

In der nächsten Versuchsreihe (Nr. 7 - 50) wählte ich eine stärkere Konzentration von 1:10 und ließ nun 0,02 ccm unter den gleichen Bedingungen laufen. Auch hier war das Ergebnis unbefriedigend, d.h. es waren teils dunkle Flecken, teils verlaufene Fronten schwächerer Färbung zu sehen, teils war überhaupt keine Anfärbung zu erkennen. Die gefärbten Stellen konnte man analog den Elektrophoresestreifen des Blutes als Albumin und Globuline deuten. Bei zwei Proben (Nr. 39 und 40) wurde vor dem Albumin eine weitere Fraktion sichtbar, die vielleicht mit dem von E s s e r (14)

beschriebenen Praealbumin identisch sein dürfte. Auf Grund der schwachen Färbung mußte auch bei allen diesen Streifen auf eine Auswertung verzichtet werden.

Die schwache Färbung konnte verschiedene Ursachen haben. Die lange Laufzeit, die ja gewöhnlich ein weites Auseinanderziehen der Fraktionen bedingt, konnte ausgeschlossen werden, da die Hauptfärbung nur 3,5 cm vom Auftragungsort entfernt lag und verschiedene Autoren (Flynn, Sonnet (zit. nach Wunderly - 69)) in langer Laufzeit keine Beeinflussung der Ergebnisse sahen. Die Zerstörung der Schutzkolloide wurde, wie schon im vorhergehenden Abschnitt dargelegt, dadurch vermieden, daß ich die Streifen nach der PE nur lufttrocknen ließ. Es ist möglich, daß man eine vollständige Lösung des Trockengutes bei Konzentrierung überhaupt nicht erreicht. Bei den kleinen Mengen von 0,1 ccm in Ampullen zu 10 ccm ist eine vollkommene Lösung sehr schwierig, auch wenn man die Lage der Ampullen öfters wechselt, um alles an der Ampullenwand haftende Trockengut zu erfassen. Ein gewisser Teil der Lösung bleibt durch ihre mäßig viskose Beschaffenheit immer an der Wand haften, vor allem um bestimmte Punkte, die sich bei der Kristallisation der Salze bilden.

Den relativ hohen Gehalt an Salzen des KW versuchte ich dadurch auszuscheiden, daß ich bereits konzentriertes KW, also eine Menge von 0,1 ccm, gegen Aqua dest. dialysierte. Durch die dabei notwendigen Manipulationen wurde aber die Menge des Materials so gering, daß sie für die PE nicht mehr ausreichte (Haften an der Ampullenwand, in den Pipetten, im Dialysator, erneut in den Pipetten etc.).

Nach möglichster Vermeidung der angegebenen Fehlerquellen und peinlichster Durchführung der Vorarbeiten ließ ich erneut ca. 40 Streifen (Nr. 51 - 106) unter den vorher aufgeführten Bedingungen laufen, färbte aber nun mit der Amidoschwarz 10 B - Originallösung der Firma Bender & Hobein, da ich vermutete, daß die Angabe der Selbsterstellung der Farblösung, wie sie in der Elphor-Beschreibung nach Grassmann dargestellt ist und nach der ich die ersten Farblösungen hergestellt hatte, daß nun tatsächlich einige Streifen, nämlich 12, verwertbar waren, wenn sie auch nur eine Trennung in Albumin und Globulin erkennen ließen.

Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle wiedergegeben:

Eiweißwerte der 3. Versuchsreihe in relativen Prozenten

Nr.	Albumin	Globulin
51	32,8	67,1
56	57,2	42,6
60	56,0	44,0
63	31,8	68,1
64	38,0	62,0
81	63,1	36,8
96	46,6	53,3
99	22,0	77,9
100	54,4	45,5
102	47,5	52,4
105	29,4	70,5
106	30,6	69,5
Durchschnitt:	<u>42,5</u>	<u>57,4</u>

Um nun eine bessere Trennung bzw. Fraktionierung zu erreichen, ging ich in den nächsten Versuchen (Nr. 107-164) dazu über, eine Menge von 0,03 ccm aufzutragen und zwar brachte ich zuerst das KW auf den Streifen und feuchtete erst nach Antrocknung des wie in den vorhergehenden Versuchen 1:10 konzentrierten KW den Streifen mit Pufferlösung an. Diese Methode behielt ich bis zum Ende der Versuche bei und erzielte damit die besten Ergebnisse. Ich setzte auch einige Untersuchungen nur 8 - 10 Stunden der PE aus, fand aber dabei zum größten Teil unbefriedigende Ergebnisse, da keine ausreichende Trennung erfolgt war. Nur drei Streifen zeigten sich verwertbar (Nr. 143 - 145). Ebenso legte ich bei einigen Proben Spannungen von 200 V bei einer verkürzten Laufzeit von 8 Stunden an. Da dabei von 10 Proben nur 2 (allerdings) eine Fraktionierung aufwiesen, kann man darin keinen Vorteil erblicken.

Die optimalen Bedingungen lauteten also : Konzentrierung 1:10 - Auftragung von 0,05 ccm - Spannung 110 V - Laufzeit 18 - 20 Stunden. Mit dieser Anordnung wiesen 10 Streifen (= 17 %) eine Fraktionierung auf und 22 Streifen (= 38 %) wurden nur in Albumin und Globulin getrennt.

Bei diesen Untersuchungen betrug der Abstand vom Auftragungsort bis zur vordersten Front (Albumin) sowohl bei Trennung als auch bei Fraktionierung im Durchschnitt 8 cm.

Im folgenden werden von der 4. Versuchsreihe die Tabellen mit den besten Ergebnissen wiedergegeben:

Eiweißwerte der 4. Versuchsreihe in relativen Prozents (insgesamt 57 Streifen, davon 22 getrennt, 10 fraktioniert, 24 nicht auswertbar, ein pathologisches KW, das im nächsten Abschnitt besprochen wird):

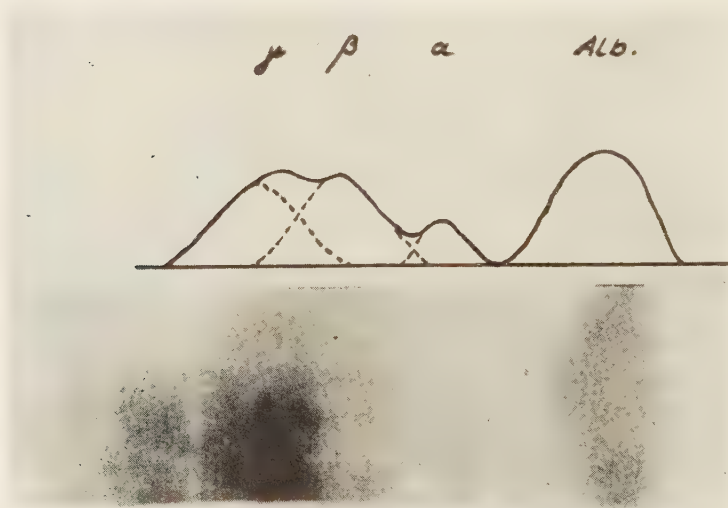
Fraktionierung:

Nr.	Albumin	α	β	γ
110	29,5	31,1	20,4	18,8
121	29,0	12,8	31,5	26,6
125	61,7	8,9	16,7	12,3
132	41,7	19,8	15,2	23,3
135	41,8	8,5	23,9	25,8
139	48,0	5,7	19,3	26,6
146	59,6	13,3	18,2	8,6
151	60,2	6,5	16,9	16,0
108(200 V)	18,7	18,7	25,0	37,5
119(200 V)	46,5	9,5	26,0	18,0
<u>Durchschnitt:</u>	<u>43,7</u>	<u>13,5</u>	<u>21,3</u>	<u>21,3</u>

Trennung:

Nr.	Albumin	Globulin
115	46,0	53,9
111	36,3	63,6
123	31,4	68,5
124	23,3	76,6
128	31,2	68,7
130	47,5	52,5
131	41,4	58,5
133	42,6	57,3
134	48,1	51,8
137	50,6	49,3
138	56,3	43,6
147	44,5	55,5
148	68,1	31,8

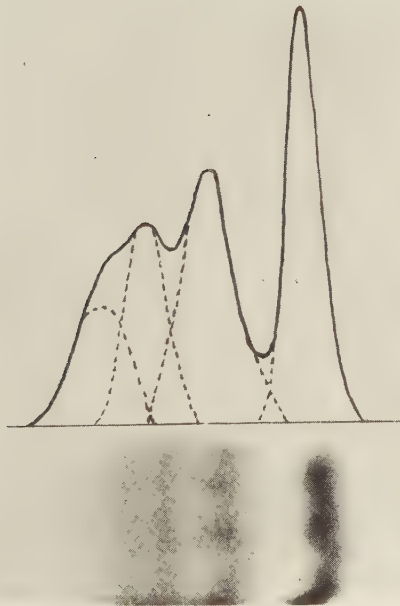
Nr.	Albumin	Globulin	
150	51,5	48,4	
152	50,0	50,0	
153	48,8	51,1	
154	39,7	60,3	
160	51,4	48,5	
162	68,0	31,8	
143	12,8	87,0	8 Stunden Laufzeit
144	39,6	60,3	8 Stunden Laufzeit
145	46,0	53,9	8 Stunden Laufzeit
<u>Durchschnitt:</u>	<u>44,0</u>	<u>56,0</u>	



Beispiel eines normalen Kammerwassers (Nr. 135):

Albumin 41,8 - α 8,5 - β 23,9 - μ 25,8

μ β α Alb



Beispiel eines pathologischen Kammerwassers (Nr. 103):

Albumin 33,5 - α 31,7 - β 18,6 - μ 15,8

Bei der automatischen Auswertung im Zeiß-Auswert-Gerät ergaben sich erhebliche Schwankungen in der Kurvenzeichnung. Die vielen Zacken und Gipfel konnten, auf Grund der relativ schwachen Färbung, nicht sinngemäß in die Gauß'schen Kurven einbezogen werden und daher auch nicht planimetrisch erfaßt werden. Dies wurde bei einem Teil der Streifen dadurch auszugleichen versucht, daß ich die Gesamtflächen der Albumin- und Globulinfraktionen planimetrierte.

Besprechung der Ergebnisse

Aus den beschriebenen Untersuchungen geht hervor, daß die PE des KW mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist, um an Einzelaugen genaue Werte seiner Eiweißfraktionen zu erhalten. Dies wurde bereits von anderen Autoren, die mit Sammelpunktaten arbeiteten, bestätigt. Die Eiweißfraktionierung von Einzelaugen erfordert erst recht eine genaueste Durchführung der Untersuchung. Unter den oben angeführten Bedingungen in der 4. Versuchsreihe konnte die Fraktionierung nur zu einem geringen Teil (17 %) erreicht werden. Dabei wurden bei der Trennung die Werte 44 % für Albumin und 56 % für Globulin ermittelt. Die Fraktionierung der KW-Proteine ergab für das Albumin 43,7 %, Die Globuline verteilen sich folgendermaßen (in %):

α 13,3 - β 21,3 - γ 21,3. Ein Vergleich dieser Werte mit denen anderer Autoren ließ sich bis zum Abschluß dieser Arbeit nicht ziehen. Die Werte der Trennung stimmen mit denen D u k e - E l d e r s (9) etwa überein. Die von diesem Autor beschriebene Beziehung zwischen den Eiweißkörpern des Blutes und des KW konnte bestätigt werden; denn die Werte der Trennung entsprechen, wenn man individuelle Schwankungen unberücksichtigt läßt und ausserdem eine physiologische KW-Absonderung und normale Beziehungen zwischen Blutdruck und intraokularem Druck annimmt, dem Bluteiweißgehalt des Rindes. Daß sich auch bei den Bluteiweißkörpern größere Unterschiede finden, zeigen die Arbeiten von E b e l (13) und L ü n e b u r g (32), sowie die Ergebnisse der von letzterem zitierten Autoren. Diese Werte sind aus folgender Tabelle zu ersehen (in %):

	Albumin	α	β	γ
Ebel	37,52	13,49	9,92	39,07
Lüneburg	42,78	11,30	12,30	33,58
Edsall	41,00	13,00	8,20	37,80
Hogness	34,20	17,00	12,20	15,70
Deutsch	40,60	19,00	13,70	11,00

Die niederen Werte der γ -Globulinfraction bei H o g n e s s und D e u t s c h beruhen darauf, daß diese Autoren bei der PE des Blutserums auch noch das Fibrinogen abtrennten, das auf dem PE-Streifen vor dem γ -Globulin liegt.

Aus dem Vergleich der Eiweißwerte des KW und des Blutes kann der Schluß

gezogen werden, daß die γ -Globuline im KW einen etwas geringeren Prozentsatz aufweisen als im Blut. Sie treten wegen der größeren Dimensionen ihrer Moleküle nur schwer durch die Blut-KW-Schranke. Dadurch ist es verständlich, wenn sich ihre Werte im KW denen der β -Globuline nähern, da beim Albumin und bei den α -Globulinen ja schon ungefähr das gleiche Verhältnis in Blut und KW herrscht. Berücksichtigt man allerdings das Auftreten des Fibrinogens im Blute, so nähert sich dann auch das Verhältnis der β - und γ -Globuline im KW noch mehr dem des Blutes.

Die Fraktionierung ergab in der 4. Versuchsreihe, die wohl die genauesten Werte ermitteln ließ, einen etwas niedrigeren Albuminwert, nämlich 43,7 % gegenüber 44 %, wenn nur Trennung erfolgte. Da das KW ja bereits toten Tieren entnommen wurde, die mit dem Bolzenschußapparat getötet wurden, ist im Moment des Todes an eine Erweiterung der intraokularen Gefäße zu denken, die dann die etwas größeren Globulin-Moleküle vermehrt durchtreten lassen. E s s e r (14) wies bereits darauf hin, daß vor allem das γ -Globulin im Leichenaugen eine Steigerung erfahren soll. Da die KW-Entnahme maximal eine Stunde nach dem Tode erfolgte und zwar größtenteils, nachdem der Kopf des Rindes bereits abgetrennt war, so dürfte jedoch die relative Vermehrung der γ -Globuline nur sehr gering sein.

Andererseits weicht der Wert von 43,7 % gegenüber dem von 44 % nicht erheblich ab. Der in der 3. Versuchsreihe bei der Trennung ermittelte Wert betrug nur 42,5 %. So können diese Werte auch nur individuelle Abweichungen darstellen, zumal, wie oben dargelegt ist, durch die baldige Abtrennung des Kopfes nach der Schlachtung des Rindes die Blutzirkulation ja aufhört, es also zu keiner großen Eiweißvermehrung mehr kommen kann. Diese Annahme ist von beiden die wahrscheinlichere.

Gegenüber den Verhältnissen beim Menschen verhalten sich die Globulinfraktionen etwas anders. Abgesehen von der γ -Fraktion stimmen sie am besten mit den von E s s e r (14) mitgeteilten Werten überein:

	α	β	γ
Mensch (nach E s s e r)	12,2	24,1	6,4
Rind (eigene Untersuchungen)	13,5	21,3	21,3

Daß die β - und γ -Globuline etwa in gleichem Verhältnis im KW anzutreffen sind, wird auch von W i t m e r (65) am Menschen beschrieben.

W i t m e r (65) gibt für den Menschen 29,8 % α -Globuline an, W u n -

derly (69) nur 9,2 % (obwohl letzterer Wert an amblyopen Augen gewonnen wurde). Es bestehen also auch beim Menschen verschiedenen Autoren zufolge erhebliche Unterschiede in den einzelnen Fraktionen. Es ist verständlich, daß nun Schlüsse vom Menschen auf das Rind und umgekehrt nicht ohne weiteres gezogen werden können. Die angegebenen Werte der eigenen Untersuchungen beweisen aber die von W e s s e l y (63) aufgestellte Behauptung, daß das KW der Säugetiere (zu denen in diesem Falle auch der Mensch gezählt werden muß) nur graduelle, aber nicht prinzipielle Unterschiede in seiner Zusammensetzung der Eiweißkörper zeigt.

Ebenso konnte in zwei pathologisch veränderten Augen die Eiweißvermehrung durch die PE bestätigt werden. Bei einem Auge lag ein Mikrophthalmus (0,4 ccm KW-Inhalt) mit einer strangartigen Verwachsung durch den Glaskörper von der Irishinterfläche zur Retina vor. Eine Linse wurde nicht gefunden. Zwei Untersuchungen dieses KW ohne Konzentrierung ergaben (in %):

Nr.	Albumin	α	β	γ
103	33,5	31,7	18,6	15,8
104	31,0	30,4	25,5	13,9

Hierbei hatten vor allem die α -Globuline auf Kosten der γ -Globuline zugenommen. Eine Abbildung der Nr. 103 ist dieser Arbeit beigegeben.

In einem anderen Auge, das eine Iritis und Fibringerinnsel in der Vorderkammer aufwies, wurde ein Ansteigen der Albumine verzeichnet. Dieses KW wurde der üblichen Konzentrierung unterworfen. Seine Werte betrugen: Albumin 55,1 % - α 5,1 + - β 19,8 % - γ 19,8 %.

Warum in einem Falle die Globuline, im anderen die Albumine vermehrt auftraten, konnte nicht ermittelt werden (widersprechen sich doch oft auch die diesbezüglichen Angaben im humanmedizinischen Schrifttum).

Es wurde jedoch bestätigt, daß Änderungen der Eiweißwerte durch Alterationen am Auge wesentlich leichter zu erhalten sind als normale Werte. Die aus den eigenen Untersuchungen ermittelten Werte kann man bis zu genaueren Untersuchungsmethoden als Normalwerte bezeichnen.

Eine Konzentrierung des KW von 1:10, sowie eine Auftragung von mindestens 0,05 ccm ist unerlässlich, um überhaupt zu einigermaßen scharfer Trennung der KW-Proteine zu gelangen. Die Methode der Gefriertrocknung stellt ein

relativ einfaches und wertvolles Hilfsmittel zu dieser Konzentrierung dar.

Wahrscheinlich kann mit Hilfe feinerer Apparaturen (Spannungsregelung, Änderung des p_{il} etc.) sowie durch die gleichmäßige Auftragung größerer Mengen von KW dieses einer besseren Fraktionierung zugeführt werden.

Zusammenfassung

1. Es wird über die Chemie des Kammerwassers sowie über dessen Absonderung berichtet.
2. Zur Untersuchung kamen 164 Einzelaugen von Rindern.
3. Die Untersuchung wurde mit der Papierelektrophorese durchgeführt.
4. Vor der Papierelektrophorese wurde das Kammerwasser mit Hilfe der Gefriertrocknung konzentriert.
5. In den Vorversuchen (1. - 3. Versuchsreihe) wurden die besten Bedingungen für die Papierelektrophorese des Kammerwassers ermittelt.
6. Die Hauptversuche erfolgten dann nach folgender Methode:
Konzentrierung 1:10 - Auftragsmenge 0,05 ccm
Spannung 110 V - Laufzeit 18 - 20 Stunden.
7. In den 57 Hauptversuchen konnte immer Eiweiß nachgewiesen werden, jedoch waren nur in 32 Versuchen sichere Werte zu errechnen. In diesen 32 Versuchen erfolgte zu 31,2 % Fraktionierung und zu 68,8 % Trennung.
8. Werte der Fraktionierung (in %):
Albumin 43,7 - α 13,3 - β 21,3 - γ 21,3.
9. Werte der Trennung (in %):
Albumin 44,0 - Globulin 56,0.
10. Unter diesen Gesichtspunkten kann die Papierelektrophorese zunächst als wenig geeignet für die Eiweißfraktionierung des normalen KW angesehen werden.
11. An zwei pathologisch veränderten Augen konnte Eiweißvermehrung festgestellt werden. Dabei reichte bei einem Auge das Original-KW zur Untersuchung aus, es brauchte nicht konzentriert zu werden.

Literaturverzeichnis

1. Alaerts: Schwankungen im Albumingehalt des Kammerwassers. Ref.in: Zbl.f.d.ges.Ophth.54, 138 (1950/51)
2. Ask, F.: Über den Zucker im Humor aquaeus
Ref.in: Zbl.f.d.ges.Ophth. 1, 121 (1914)
3. Baurmann, M.: Wasserhaushalt des Auges
in Bethe-Bergmann: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Verlag Springer, Berlin Bd.XIII, 1320 (1931)
4. Blaha, H., Wewelka, F., Zwiauer, A.: Untersuchungen über die freien Aminosäuren im Kammerwasser des Kaninchens.
Klin.Monatsbl.f.Augenheilk.123, 552 (1953)
5. Cohen, M., Killian, J.A., Metzger, N.: Studies of the chemistry of the humors of animal eyes.
Ref.in: Jahresber.d.Vet.Med.68, 352 (1951)
6. Cremer, H.D., Tiselius, A.: Elektrophorese von Eiweiß auf Filterpapier
Biochem.Z. 320, 273 (1950)
7. D'Ermo, F.: Ricerche preliminari sul contenuto proteico dei liquidi endoculari con il metodo dell'elettroforesi su carta da filtro
Ref.in: Zbl.f.d.ges.Ophth. 59, 89 (1953)
8. Duke-Elder, St.: Die Blut-Augenschranke
Ref. in: Zbl.f.d.ges.Ophth. 56, 141 (1951)
9. Duke-Elder, St.: Die Biochemie des Kammerwassers
Ref. in: Zbl.f.d.ges.Ophth. 18, 862 (1927)
10. Duke-Elder, St.: Nature of the aqueous humor
Ref. in: Zbl.f.d.ges.Ophth. 51, 378 (1949)
11. Duke-Elder, St.: Die Blut-Kammerwasserschranke
Ref. in: Zbl.f.d.ges.Ophth. 55, 189 (1951)
12. Duke-Elder, St.: Recent Advances in Ophthalmology
J.A.A.Churchill Ltd., London (1951)
13. Ebel, K.H.: Papierelektrophoretische Untersuchungen der Bluteiweißverhältnisse bei Hunden, Rindern und Kälbern
Zbl.f.Vet.Med. 1, 70 (1953)

14. Esser, H., Heinzler, F., Pau, H.: Elektrophoretische Trennung der Eiweißfraktionen im menschlichen Kammerwasser Graefes Arch.f.Ophth. 155, 11 (1954)
15. Franceschetti, A., Wieland, H.: Quantitative Bestimmung des Eiweißgehaltes der intrakularen Flüssigkeiten mit dem Nephelometer Arch.f.Augenheilk. 99, 1 (1954)
16. Gala, A.: Eiweiß und Kochsalz im punktierten und regenerierten Kammerwasser von Tieraugen sowie von normalen und pathologischen Menschenaugen Ref. in: Zbl.f.d.ges.Ophth. 13, 140 (1951)
17. Geissler, H.: Die Gefriertrocknung und die Möglichkeit ihrer Anwendung in der Medizin Monatsh.f.Tierheilk. 7, 1 (1955)
18. Giardini, A., Swanljung, H.: Effects of anoxia on the fluorescein-permeability of the blood-aqueous-barrier Brit.J.of Ophth. 35, 114 (1951)
19. Gilbert, W.: Die Gefäßhaut in Axenfeld-Serr: Lehrbuch und Atlas der Augenheilkunde, Verlag G.Fischer, Jena - 394 (1949)
20. Gilbert, W.: Über Kammerwasseruntersuchung Arch.f.Augenheilk. 94, 101 (1924)
21. Grassmann, W., Hannig, K., Knedel, M.: Über ein Verfahren zur papierelektrophoretischen Bestimmung der Serumproteine auf Filterpapier Dte.Med.Wschr. 11, 333 (1951)
22. Hagen, S.: Die Regeneration des Kammerwassers im menschlichen Auge Ref. in: Zbl.f.d.ges.Ophth. 3, 211 (1920)
23. Herter, R., Seiler, H., Dilger, W.: Die Lyophilisierung Mitteilungen für Tierärzte, Dr.Rentschler & Co., Warthausen - Folge 51/52 (1956)
24. Hofmann, R.: Ref. in: Zschr.f.Augenheilk. 84, 146 (1934)
25. Kinsey, V.E.: Comparative chemistry of aqueous humor in posterior and anterior chambers of rabbit eye Arch. of Ophth. 50, 401 (1953)

26. Koch, C.: Befunde am "trockenen Tropfen" Kammerwassers und regenerierten Kammerwassers von Kaninchen
Ophthalmologica 128, 318 (1954)
27. Kronfeld, P.: Verhandlungen der Wiener ophthalmologischen Gesellschaft (14. 6. 1926)
Ref. in: *Zschr.f.Augenheilk.* 60, 221 (1926)
28. Kubik : Sitzung der Vereinigung mitteldeutscher Augen-
ärzte (Leipzig 28. 11. 1926)
Ref. in: *Zschr.f.Augenheilk.* 61, 288 (1927)
29. Lebermann, F.: Ein Beitrag zur Mikrochemie der Augenflüssig-
keiten
Arch.f.Augenheilk. 96, 355 (1925)
30. Lindner, K.: Lehrbuch der Augenheilkunde
Verlag Urban & Schwarzenberg, Wien (1952)
31. Löhlein, W.: Intraokularer Flüssigkeitswechsel
in Axenfeld-Serr: Lehrbuch und Atlas der Au-
genheilkunde, Verlag G.Fischer, Jena - 514
(1949)
32. Lüneburg, H.: Papierelektrophoretische Bluteiweißbestimmun-
gen bei Rindern unter Berücksichtigung des
pathologisch-anatomischen Befundes
Vet.med.Diss., München (1953)
33. Malatesta, C.: Freie Aminosäuren in Blut, Kammerwasser, Glas-
körper und Linse vom Rind
Ref. in: *Zbl.f.d.ges.Ophth.* 60, 262 (1953)
34. Möncke, C.: Zur Stabilität bei der Papierelektrophorese
verwendeter Farbstoffe in alkalischen Lösun-
gen
Klin.Wschr. 34, 100 (1956)
35. Münich, W.: Untersuchungen der Kammerwasserproteine des
Kaninchens mittels der Papierelektrophorese
Graefes Arch.f.Ophth. 154, 50 (1953)
36. Neumann, K.: Grundriß der Gefrier Trocknung
"Musterschmidt" Verlag, Göttingen (1952)
37. Niedermeier, S.: Quantitative Eiweißfraktionierung des Kammer-
wassers
Klin.Monatsbl.f.Augenheilk. 120, 644 (1952)
38. Oppenheimer, C.: Handbuch der Biochemie des Menschen und der
Tiere, Verlag G.Fischer, Jena Bd.IV, 393 (1939)

39. Österreicher, A.: Wasserstoffionenkonzentration im Kammerwasser von Rind und Pferd (Vet.med.Diss., Wien 1927)
Ref. in: Wien.tierärztl.Mschr. 15, 474 (1928)
40. Pardo : XVII. Versammlung der italienischen ophthalmologischen Gesellschaft
Ref. in: Zschr.f.Augenheilk. 15, 174 (1906)
41. Paycha, F.C. Vorderkammerpunktion und Kammerwasserstudium
Ref. in: Zbl.f.d.ges.Opth. 63, 237 (1954/55)
42. Pentini, G.: Prove aul dosaggio dell'acido acetico endoculare
Ref. in: Zbl.f.d.ges.Opth. 64, 119 (1955)
43. Rados, A.: Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Kammerwassers des Menschen und der Tiere
Arch.f.Opth. 109, 342 (1922)
44. Rauber-Kopsch : Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen
Verlag G.Thieme, Leipzig (1953)
45. Rauh, W.: Vegetative Physiologie und Pathologie
Zschr.f.Augenheilk. 77, 228 (1932)
46. Rauh, W.: Vegetative Physiologie und Pathologie
Zschr.f.Augenheilk. 80, 260 (1933)
47. Rauh, W.: Vegetative Physiologie und Pathologie
Zschr.f.Augenheilk. 83, 206 (1934)
48. Rauh, W.: Vegetative Physiologie und Pathologie
Zschr.f.Augenheilkd. 89, 228 (1936)
49. Rauh, W.: Vegetative Physiologie und Pathologie
Zschr.f.Augenheilk. 92, 96 (1937)
50. Remky, H.: Klinische Methoden zur quantitativen und qualitativen Untersuchung von Kammerwasserproteinen
Graefes Arch.f.Opth. 156, 85 (1954)
Ref. in: Zbl.f.d.ges.Opth. 50, 130 (1949)
51. von Sallmann, L.: Das Sehen
Verlag R.Markewitz, Mühlhausen-Thür. (1950)
52. Schober, H.: Biochemie des Auges
Ophthalmologica 96, 55 (1938)
53. Süllmann, H.: XXV. Versammlung der ungarischen ophthalmologischen Gesellschaft
Ref. in: Zschr.f.Augenheilk. 82, 347 (1934)
54. Toth, L.:

55. Trautmann-Scheunert: Lehrbuch der Veterinär-Physiologie
Verlag P.Parey, Berlin (1951)
56. Tron, E.: Chemische Untersuchungen über die Natur der
intraokularen Flüssigkeiten
Ref. in: Zschr.f.Augenheilk. 68, 286 (1929)
57. Tron, E.: Chemische Untersuchungen über die Natur der
intraokularen Flüssigkeiten
Ref. in: Zschr.f.Augenheilk. 70, 176 (1930)
58. Tron, E.: Chemische Untersuchungen über die Natur der
intraokularen Flüssigkeiten
Ref. in: Zschr.f.Augenheilk. 70, 303 (1930)
59. Tron, E.: Ein Beitrag zur Chemie des regenerierten
Kammerwassers
Graefes Arch.f.Ophth. 121, 329 (1929)
60. Turba, F., Enenkel, A.: Elektrophorese von Proteinen in Filterpapier
Naturw. 37, 93 (1950)
61. Weiss, O.: Physiologie des Auges
in Schiek-Brückner: Kurzes Handbuch der
Ophthalmologie, Verlag Springer, Berlin
Bd. II, 20 (1932)
62. Wessely, K.: Die Methodik der Kammerwasseruntersuchung
und der Kammerwasserersatz bei Mensch und
Versuchstier
Arch.f.Augenheilk. 93, 184 (1923)
63. Wessely, K.: Bemerkungen zu einigen Streitfragen aus
der Lehre des intraokularen Flüssigkeits-
wechsels
Arch.f.Augenheilk. 88, 217 (1921)
64. Wieland, Th., Fischer, E.: Elektrophorese auf Filterpapier
Naturw. 35, 29 (1948)
65. Witmer, R.: Elektrophorese des Kammerwassers
Ophthalmologica 123, 280 (1952)
66. Witmer, R.: Sitzungsbericht der Schweizer ophthalmologi-
schen Gesellschaft am 29.u.30.9.1951 in
Glarus
Klin.Monatsbl.f.Augenheilk. 121, 738 (1952)
67. Witmer, R.: Elektrophorese pathologischen menschlichen
Kammerwassers
Experientia 7/9, 347 (1951)

68. Wolff, E.: Hyaline bodies in the intra-ocular fluids
and tissues
Ref. in: Klin.Monatsbl.f.Augenheilk. 120,
547 (1952)
69. Wunderly, Ch.: Die Papirelektrophorese
Verlag Sauerländer & Co., Aarau (1954)
70. Wunderly, Ch., Free amino-acids in the human aqueous humor
Cagianut, B.: Brit. J.of Ophth. 38, 357 (1954)
71. Wunderly, Ch., Elektrophorese pathologischen menschlichen
Cagianut, B.: Kammerwassers
Ref. in: Zbl.f.d.ges.Ophth. 60, 265 (1953)
72. Yudkin, M.: The aqueous humor
Ref. in: Zbl.f.d.ges.Ophth. 17, 822 (1927)

Nach Abschluß dieser Arbeit ist es mir eine angenehme Aufgabe, Herrn Professor Dr. H. S e d l m e i e r für die freundliche Überlassung des Themas meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Mein Dank gilt ferner Herrn Privatdozenten Dr. E. D a h - m e für seine Anregungen und seine Unterstützung während der Versuche und für die Durchsicht dieser Arbeit, sowie Herrn Privatdozenten Dr. J. K ü c h l e, der mir die Bibliothek der Augenklinik der Universität München für das Literaturstudium bereitwilligst zur Verfügung stellte.

Lebenslauf

Als Sohn des damaligen Notariatsassessors Hermann Memmel und seiner Ehefrau Hedwig, geb. Böhm, wurde ich, Hermann Erwin Eckbrecht Memmel, am 21. April 1931 in Pirmasens geboren. 1932 wurde mein Vater zum Notar in Rockenhausen (Pfalz) bestellt. Dort besuchte ich vier Klassen der Volksschule. Nachdem mein Vater 1941 nach Amberg (Oberpfalz) versetzt wurde, trat ich in das dortige Humanistische Gymnasium ein, das ich am 13. Juli 1950 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Ich studierte dann zunächst im WS 1950/51 ein Semester Zoologie an der Philosophisch-Theologischen Hochschule in Regensburg und immatrikulierte mich im WS 1951/52, nachdem ich im SS 1951 meinen studentischen Aufbaudienst am Institut für Tierpathologie abgeleistet hatte, für das Studium der Tiermedizin an der Universität München. Nach neun Semestern Studium (unter Anrechnung des zoologischen Semesters in Regensburg) legte ich am 20. Januar 1956 das tierärztliche Staatsexamen ab. Vom 15. November 1956 bis 15. Mai 1957 war ich Praktikant bei Herrn Dr. F. Krömker in Hirschau (Oberpfalz), bei dem ich jetzt als Assistent arbeite.

